



Bauplan Nr. 25
Preis 1,–

Klaus Schlenzig

Wechselsprechanlage DIALOG 74 mit 1-W-Verstärkerbaustein

Originalbauplan Nr. 25

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Das Thema „Wechselsprechanlage" wird in der Reihe der Originalbaupläne nun zum drittenmal behandelt. Zwischen der bescheidenen Endstufe sowie den Kühlschrankdosengehäusen von 1964, der 100-mW-Endstufe mit gleitendem Arbeitspunkt von 1968 und der im folgenden gebotenen Lösung liegen nicht nur genügend Jahre, sondern auch Entwicklungsstufen in Bauelementeangebot und Schaltungstechnik. Im Mittelpunkt der vorgestellten Anlage steht ein „eisenloser" Verstärkerbaustein für 1 W, den man überdies in nicht allzu ferner Zukunft sicherlich durch einen wesentlich kleineren Festkörperschaltkreis ersetzen kann. Die Leiterplatte des Verstärkers wird voraussichtlich Mitte 1974 als Bestandteil des erweiterten Systems „Amateurelektronik 74" in den Handel gelangen, so daß sich dann die zeitraubende Selbstanfertigung erübrigt. Damit stellt der vorliegende Originalbauplan gleichzeitig einen Teil der applikativen Dokumentation dieser Systemerweiterungen dar.
Folgt der Leser allen Empfehlungen, so gelangt er zu einer Anlage mit einer Reihe interessanter Eigenschaften: Der Verstärkerbaustein (sein Einsatz ist damit nicht auf Wechselsprechanlagen beschränkt!) liefert, je nach Einstellung seiner Gegenkopplung, entweder höhere Klangqualität oder größere Verstärkung. Die Hauptstelle kann, aus einem Netzteil gespeist, im Dauerbetrieb „rund um die Uhr" eingeschaltet bleiben, z. B. für Überwachungszwecke. Die Nebenstellen sind mit ebenfalls eisenlosen Rufgeneratoren ausgerüstet. Ihre Auslegung erlaubt außer der akustischen auch eine optische Signalisierung in der Hauptstelle. Dadurch sind auch bei einer größeren Anzahl von Nebenstellen (die handelsüblichen modernen Tastenschalter lassen maximal 15 zu!) Verwechslungen ausgeschlossen, wenn man die Anzeigelampen eindeutig den Wahltasten zuordnet. Für die konstruktive Gestaltung werden Beispiele geboten, doch kann der Leser seinen Bedürfnissen und Möglichkeiten gemäß auch andere Varianten wählen, da die Anordnung wenig kritisch ist.

2. 1-W-Verstärkerbaustein

Im Originalbauplan Nr. 19 wurde bereits ein eisenloser Verstärker vorgestellt, der sich aus „Amateurelektronik"-Bausteinen zusammensetzen ließ. Diese Art der Kombination ist überall dort am Platze, wo die Teile der Schaltung (dem Grundanliegen der steckbaren Bausteine gemäß) auch noch anderweitig jederzeit schnell einsetzbar bleiben sollen. Wer einen in der damals beschriebenen Art vorverdrahteten Trägerrahmen und die entsprechenden Bausteine vorrätig hat, kann also prinzipiell die Anlage auch mit diesem Bausteinverstärker betreiben. Dauereinsatz legt dagegen eine Gesamtleiterplatte nahe. Nach Bild 1, Bild 2 und Bild 3 läßt sich die Gesamtleiterplatte zusammenfügen (Stromlaufplan, Leitungsmuster und Bestückungsplan), die aus der genannten Bausteinkombination abgeleitet wurde. Die Abmessungen der Leiterplatte fügen sich in das System „Amateurelektronik" („Großbaustein 35 × 80"). Solche größeren und damit in der Anwendung gegenüber den bisherigen Kleinbausteinen stärker spezialisierten Einheiten wurden durch das umfangreiche Angebot billiger Halbleiterbauelemente für viele Amateure interessant, und die weiteren vorgesehenen Systemergänzungen nehmen darauf Rücksicht. Den fertigen Verstärkerbaustein zeigt Bild 4. Montage und Kühlung der beiden Endstufentransistoren erfolgen mit 2 Kühlblechwinkeln, die bereits zum System „Amateurelektronik" gehören und im Handel erhältlich sind.

2.1. Schaltungsbeschreibung

Das Eingangssignal (≦ 1 mV) gelangt über C 1 an die Basis des gegen Temperatureinflüsse stabilisierten, rauscharmen Vorstufentransistors GC 101. (Diese Stufe muß prinzipiell nicht Bestandteil des Verstärkers sein, wenn höhere Pegel zur Verfügung stehen. Die Verknüpfungen in der übrigen Schaltung setzen erst hinter dieser Stufe ein!) Der nächste Transistor ist ein npn-Siliziumtyp (SF 131, SF 136 oder auch – mit entsprechend geformten Anschlüssen – ein Miniplasttransistor). Infolge der vorgegebenen Polarität der Masseleitung liegt sein Emitter über einen Kondensator von 100 μF an Masse. In Serie dazu wurde ein Widerstand vorgesehen, dessen Größe die Gegenkopplung des gesamten Verstärkers bestimmt (Rückführung des Ausgangssignals auf den Emitter von T 2). Man kann sie stufenlos bis auf 0 herab verringern, wenn an die auf der Leiterseite dafür bestimmten Lötösen z. B. extern ein Potentiometer (50 oder 100 Ω) angeschlossen wird. Allerdings bringt das mit sinkendem Widerstand wachsende Verzerrungen. Die Oszillogramme in Bild 5 (s. Tabelle 1) belegen das.
Das Stellpotentiometer zwischen Basis und Kollektor von T 2 ist für die symmetrische Aussteuerung des gesamten Verstärkers verantwortlich, denn von T 2 an ist er ja durchgehend galvanisch gekoppelt. Man stellt, wenn kein Oszillograf vorhanden ist, nach Instrument und in gewissem Maße auch nach Gehör ein. Die Betriebsspannung soll sich bei richtiger Einstellung etwa zur Hälfte auf den oberen und den unteren Verstärkerzweig verteilen (Meßpunkt z. B. Emitter von T 5 oder – besser zugänglich – Kollektor von T 7). Von T 2 wird zwangsläufig die weitere Transistorreihenfolge bezüglich der Frage „npn oder pnp" bestimmt, wobei die Endstufentransistoren z. Z. billig erhältliche GD-Exemplare sein sollten, die im Unterschied z. B. zum GC 301 weniger kritisch gegen Überlastungen sind. Der auf T 2 folgende GC 116 steuert den unteren, komplementär verknüpften Verstärkerzweig direkt und über D 1 sowie den Stellwiderstand R 13 den oberen Germanium-Darlington-Verstärker an, so daß zwischen der Basis des oberen und der des unteren Transistors die erforderliche Öffnungsspannung gegenüber dem „Mittelstrang" (jeweiliger Emitteranschluß) zustande kommt. Die Stellung von R 13 bestimmt den Ruhestrom des Verstärkers. Zu kleiner Ruhestrom führt infolge der erst durch das Signal geöffneten Transistoreingänge zu Übergangsverzerrungen (s. Bild 5c und Tabelle 1), die sich besonders bei kleinen Amplituden bemerkbar machen. Sie müssen bei Sprechverkehr nicht unbedingt stören, so daß man mit R 13 in gewissen Grenzen die Möglichkeit hat, im Fall von Batteriebetrieb Ruhestrom zu sparen. Auch die Größe der Gegenkopplung spielt dabei eine Rolle. Je mehr man gegenkoppelt, um so geringer werden auch diese Verzerrungen. Allerdings bedeutet größere Gegenkopplung auch geringere Verstärkung.

Diese einfache Schaltung zur Erzeugung der Basisvorspannung ergab ein relativ unkompliziertes Leitungsmuster. Allerdings muß man beachten, daß R 13 nur in seinem untersten Bereich ausgenutzt werden kann, sonst steigt die Ruhestromaufnahme der Endstufe sehr schnell. In einer anderen Variante werden 2 Siliziumdioden eingesetzt, denen R 13 parallelliegt (Bild 1b). Das ergibt einen günstigeren Stellbereich für das Potentiometer, jedoch ein kompliziertes Leitungsmuster. In beiden Fällen halten die Siliziumdioden in weiten Betriebsspannungsgrenzen die Basisspannung der Treiberstufen konstant. Selbst in der einfachen Ausführung nach Bild 1a, wie sie in der Bauplanschaltung Verwendung fand, konnte der Verstärker von 5 V Betriebsspannung an aufwärts mit nahezu gleichbleibender Kurventreue der Aussteuerung benutzt werden. Allerdings waren bei 5 V Aussteuergrenze und Ausgangsleistung entsprechend niedriger.
Die Basisversorgung der beiden Transistoren T 4 und T 5 weist eine für derartige Schaltungen typische Besonderheit auf: R 14 liegt nicht unmittelbar an der Betriebsspannung, sondern am negativen Belag der Auskoppelkondensatoren (aus Platzgründen 2 Exemplare kleiner Bauform, die in der Höchstkapazität begrenzt ist). Mit der Ladung dieser Kondensatoren wird der Basisstrombedarf gedeckt, was bei „durchgeschaltetem" T 6 direkt von Minus her nicht möglich wäre. (Minus liegt ja für diesen Augenblick über den infolge des Maximalwerts der Aussteuerung geöffneten T 6 nahezu am „Mittelstrang"!) Die Kondensatorspannung, negativ gegenüber Mitte, bewirkt also in diesem Zeitbereich einen ausreichenden Basisstrom. Gleichzeitig ergibt sich aber der Schluß, daß der Verstärker im Leerlauf nicht funktioniert, da sich der Auskoppelkondensator ja nur über die abwechselnd (je nach Halbwelle) geöffneten Endstufentransistoren und den Lautsprecher periodisch auf- und entladen kann.
Die theoretisch erreichbare Ausgangsleistung eines solchen Verstärkers hängt linear vom Kehrwert des Ausgangswiderstands und quadratisch von der Betriebsspannung ab: $P_{max} = U_B^2/8R_a$ [1]. Sie läßt sich allerdings u.a. infolge der gegenkoppelnden Emitterwiderstände und der Restspannungen der Endtransistoren sowie der nie hundertprozentigen symmetrischen Aussteuerung nicht erreichen. Sehr wichtig ist dabei auch der Innenwiderstand der Speisespannungsquelle, die ja den erforderlichen Strom in den Spitzen ohne Absinken der Quellspannung bereitstellen muß, wenn man den Verstärker voll ausnutzen will.
Andererseits kommt es bei einer Sprechverbindung (außer unter extremen Bedingungen) auch nicht darauf an, über Leistungen von 1 W oder mehr verfügen zu können. Die Aussteuerreserve bewirkt in den meisten Fällen hauptsächlich, daß sich kaum Übersteuerungen ergeben, wodurch die Gebrauchseigenschaften der Sprechverbindung als sehr günstig empfunden werden. Aus solchen Überlegungen heraus wurde die Maximalleistung der Endstufe an 8 Ω auf etwa 1 W festgelegt, praktisch erreicht mit nicht besonders ausgewählten Transistoren bis etwa 12 V Speisespannung aus der weiter unten genannten Quelle, begrenzt von ihrer Strom-Spannungs-Charakteristik. Unter diesen Bedingungen konnte der Baustein 35 mm × 80 mm kleingehalten werden, und für die Kühlung genügten die kleinen Kühlblechwinkel von „Amateurelektronik". Größere Leistungen bei kleinerem Lastwiderstand bei Erhöhung der Betriebsspannung sowie Verwendung einer „härteren" Spannungsquelle sind möglich, erfordern aber weitere Kühlmaßnahmen. Im Mustergerät dient als Hauptstellenlautsprecher ein 112 M, der nur für 0,5 W ausgelegt ist. Im praktischen Sprechbetrieb bleibt die Leistung an ihm auch unter dieser Grenze, bedingt durch Gegenkopplungseinstellung, auftretende Signalamplituden und verwendete Spannungsquelle. Vorsichtigen wird empfohlen, z. B. mit nur 8 bis 9 V zu arbeiten oder dem Lautsprecher einen Widerstand von einigen Ohm vorzuschalten. Praktisch erwies sich das aber als unnötig.
Infolge seiner einstellbaren Gegenkopplung, die Kurventreue und Frequenzgang im Austausch gegen Verstärkungsfaktor in weiten Grenzen zu beeinflussen vermag, ist dieser Verstärker auch für Musikwiedergabe gut geeignet. Für mittlere Ansprüche an die Tiefenwiedergabe, auf jeden Fall also für Wechselsprechbetrieb, genügen dabei die beiden auf der Leiterplatte angebrachten Auskoppelkondensatoren, eventuell sogar ein einziger von ihnen (man bedenke auch die relativ hoch liegende untere Grenzfrequenz kleinerer Lautsprecher!). Bei höheren Ansprüchen oder dann, wenn vielleicht gerade keine Elektrolytkondensatoren der TGL 200-8308 verfügbar sind, kann über die dafür vorgesehenen Lötösen („Z" und die Ausgangslötöse „A") von außen ein größerer Kondensator zugeschaltet werden.
Die wichtigsten Daten des Verstärkers, an 2 Mustern ermittelt, sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Man vergleiche auch die Oszillogramme in Bild 5 in Abhängigkeit von der Gegenkopplung.

2.2. Aufbauhinweise

Die Leiterplatte enthält vorwiegend 1-mm-Bohrungen. Es ist eine Drahtbrücke einzusetzen, und für die Anschlüsse nach außen benutzt man am besten Stecklötösen. Falls nur solche für 1,3-mm-Löcher zur Verfügung stehen, sind die entsprechenden Löcher aufzuweiten. Die Montagereihenfolge ist auf der Vorverstärkerseite relativ unkritisch. Die Bauelemente stehen; ihre blanken Anschlußdrähte sind mit Isolierschlauch gegen Berührungen zu schützen. Auf der Leistungstransistorseite empfiehlt sich Vormontieren der Transistoren auf den Kühlblechen mit Senkschrauben und Flachmuttern, Einfädeln der genügend kurzen M 3-Schrauben (Senkkopf günstig) und anschließendes Anschrauben auf der Leiterplatte mit Flachmuttern. Für die Verdrahtung von Basis und Emitter mit der Leiterplatte wird man kaum ohne Pinzette auskommen. Den außenstehenden Transistor verbindet man emitterseitig unmittelbar mit dem oberen Anschluß des 0,5-Ω-Widerstands. Diese Widerstände gibt es wohl kaum im Handel. Man gewinnt sie aus einigen Windungen genügend dünnen Widerstandsdrahtes auf dem Körper eines 1/8-W-Widerstands von beliebigem Wert. Im Muster wurde 0,15 mm dicker Widerstandsdraht benutzt, der bei etwa 20 mm Länge gerade 0,5 Ω ergab und deshalb – mit Isolierschlauch überzogen – sogar direkt eingelötet werden konnte. Beim Anlöten an die Drahtanschlüsse im Fall von Trägerwiderständen ist sorgfältig und mit ausreichend Flußmittel zu arbeiten. (Der genannte Widerstandsdraht diente auch zur Herstellung des für Wechselsprechzwecke relativ kleinen Gegenkopplungswiderstands. Widerstandsdraht gewinnt man z. B. durch Abwickeln alter, offener Drahtwiderstände; einmaliges Feststellen der Kennzahl „Ω/m" ist sinnvoll.)
Der gesamte Verstärkerbaustein kann an seinen Ecklöchern mit Schrauben und Abstandsröllchen in jedem beliebigen Gehäuse montiert werden. Vorher ist er selbstverständlich gemäß den Hinweisen in Abschnitt 2.1. abzugleichen und zu überprüfen, eventuell z. B. mit einer einfachen Detektorschaltung mit Hilfe der Modulation des Ortssenders. Falls der Wunsch nach einer Gegensprechverbindung besteht, muß ein zweiter, gleicher Verstärker aufgebaut werden. Man braucht dann eine 3adrige Verbindungsleitung, während die im folgenden beschriebene Wechselsprechanlage nur eine Zweidrahtleitung erfordert. Bezüglich akustischer Rückkopplung braucht eine Gegensprechverbindung weitere Maßnahmen hinsichtlich Frequenzgang, Verstärkung und Aufstellungsort.

3. Prinzip einer einfachen Wechselsprechverbindung

Wie bereits angedeutet, kommt eine Wechselsprechverbindung (bis auf Spezialfälle) mit einer 2adrigen, meist auch ungeschirmten Leitung aus. Zu einer einfachen Wechselsprechanlage (Bild 6) gehören: Hauptstelle mit Verstärker, Stromversorgung, Lautsprecher (der auch als Mikrofon benutzt wird) sowie ein Sprechen-Hören-Umschalter und eine Nebenstelle, die im einfachsten Falle nur aus einem Lautsprecher besteht. (Er wird ebenfalls außerdem als Mikrofon verwendet.) Meist erhält die Nebenstelle aber noch eine Rufeinrichtung und eine Abhörsperre. Am günstigsten läßt sich der Wechselsprechbetrieb durchführen, wenn nur in der Hauptstelle die jeweilige Betriebsrichtung vorgegeben wird, während der Nebenstellenbenutzer lediglich antwortet und am Ende wieder die Lauschsperre einschaltet.
Praktisch ist also eine Wechselsprechverbindung ein Verstärker mit Lautsprecherausgang und Mikrofoneingang, allerdings im Wechsel mit „langer Zuleitung" oder mit „langer Ausgangsleitung" versehen. Beide Richtungen bergen Probleme, die von örtlichen Gegebenheiten und Betriebsleitungslänge abhängen und die im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen bestimmen. Für die (bei Verzicht auf aufwendige Übertrager) niederohmige Ausgangsseite besteht das Problem im Widerstand der Leitung. Er kommt schnell in die Größenordnung des Lautsprecherwiderstands. Dadurch vergrößert sich einmal der gesamte Lastwiderstand. Das bedeutet geringe verfügbare Ausgangsleistung, die außerdem noch teilweise von der Leitung aufgenommen wird. In der Praxis stört das bei genügender Gesamtleistung und für einen gewissen Ausgangswiderstandsbereich des Verstärkers aber noch nicht. Erst Anlagen, deren Sprechleistung voll benötigt wird (lärmerfüllte Umgebung), erfordern andere Maßnahmen, z. B. eine Endstufe direkt am Ort. Eingangsseitig ist zu berücksichtigen, daß eine Leitung ohne Abschirmung oder Symmetrierung (was wieder einen Übertrager bedeuten würde) aus der Umgebung zahlreiche Störungen aufnimmt, vom Netzbrumm bis zum Rundfunksender. Schließlich muß der

Verstärker ja für den Pegel des als Mikrofon betriebenen niederohmigen Lautsprechers ausgelegt sein, d. h. für weniger als 1 mV. Unabgeschirmte, verdrillte Leitungen können aber Störpegel in gleicher oder nächsthöherer Größenordnung abgeben! Allerdings liegen die Frequenzen dieser Störer im wesentlichen unterhalb bzw. oberhalb des Sprachfrequenzbands (Rundfunksender werden erst durch – unerwünschte – Gleichrichtung am Verstärkereingang hörbar). Gegen Frequenzen unterhalb des Sprachbands (vor allem Netzbrumm und die in Netztransformatoren entstehende 3. Harmonische von 50 Hz, also 150 Hz) kann man dem Verstärker Hochpaßverhalten geben, d. h., man wird mindestens relativ kleine Koppelkondensatoren benutzen. Störungen mit höheren Frequenzen, die kapazitiv in die Leitung einstreuen, lassen sich durch einen Kondensator parallel zum Verstärkereingang erheblich dämpfen. Außerdem empfiehlt sich ein niederohmiger Abschluß der Leitung. Als Summe solcher Maßnahmen, die unter Wohnbedingungen ausreichenden Störabstand brachten, ergab sich für die im Bauplan beschriebene Anlage ein Filtervorsatz entsprechend Bild 7. Zur Vervollständigung dieses meist unentbehrlichen Zubehörs für Anlagen im beschriebenen Sinne enthalten Bild 8 und Bild 9 Leitungsmuster und Bestückungsplan für den Aufbau auf einer Platte des Formats 25 mm × 40 mm („Amateur-Elektronik"; auch auf einer Universalleiterplatte 25 mm × 40 mm realisierbar!). Sie wird (gesteckt oder gelötet, je nach Ausführung der Anschlüsse) an passender Stelle im Hauptstellengehäuse untergebracht. Das Format gestattete es, gleichzeitig noch das Gegenkopplungspotentiometer des Verstärkers (falls Einstellbarkeit gewünscht wird) auf dieser Platte unterzubringen. Die Einstellung erfolgt einmalig von innen oder, falls unterschiedliche Bedingungen zu erwarten sind, durch eine Gehäusebohrung hindurch auch von außen. (Allerdings tritt bereits im Anfangsbereich eine erhebliche Dämpfung ein, d. h., selbst der „niederohmigste" Vertreter ist noch sehr „hochohmig" für diese Zwecke.) Der – abgesehen von einer Lauschverbindung ohne Umschalter – einfachste Einsatzfall einer solchen Anlage besteht im Betrieb mit einer einzigen Nebenstelle. Das erfordert nur eine Sprech-Hör-Tasten-Kombination, in die man am besten auch das Einschalten der Betriebsspannung einbezieht. Dazu genügt schon ein Tastensatz mit 2 abhängig voneinander schaltenden Tasten. Prinzipiell würde eine Belegung nach Bild 10 ausreichen, wobei entsprechend Bild 11a entweder Leitung bzw. Eigenlautsprecher auf Eingang und Ausgang oder gemäß Bild 11b Leitung und Eigenlautsprecher auf Eingang bzw. Ausgang gelegt werden. Diese einfache Umschaltung mit gemeinsamer Masse funktioniert aber aus zwei Gründen nicht zufriedenstellend: Zunächst ist es nicht gleichgültig, wie die Masseverbindungen liegen. Verläuft der masseseitige Ausgangsanschluß so, daß der vom Ausgangsstrom auf diesem Leitungsstück hervorgerufene Spannungsabfall über die Eingangs-Masseverbindung in den Eingangskreis gerät, so kann es zu Verkopplungen kommen, die eine einwandfreie Verständigung erschweren. Außerdem gibt es aber Schaltungen (und unser Verstärker gehört zu der Gruppe!), bei denen die „kalte" Ausgangsseite nicht an Masse, sondern am anderen Pol der Versorgungsspannung liegt. Bild 12a zeigt die für diesen Fall günstige Verdrahtung eines 2-Tasten-Schalters und Bild 12b die entsprechende Schaltung dazu.
Als Nebenstelle soll zunächst nur ein Lautsprecher mit Abhörsperrschalter eingesetzt werden (Bild 13). Bild 14 soll an Hand der Diodenkennlinie erläutern, warum zwar der Ruf der Hauptstelle (wenn auch „krächzend") in der Nebenstelle gehört wird, jedoch die Hauptstelle nicht die Nebenstelle belauschen kann, wenn dort der Schalter auf „Sperren" steht. Umschaltung erfolgt nur zu Gesprächsbeginn und Gesprächsende. Ein Rufgenerator, mit dem sich auch die Nebenstelle melden kann, folgt in Abschnitt 5.
Für die Abschätzung der „leistungsbegrenzten" Reichweite gibt Tabelle 2 die Widerstandswerte gebräuchlicher Drahtdurchmesser für 50 m Leitungslänge (also Hin- und Rückleitung 100 m) an. Je höher der Lautsprecherwiderstand, um so länger darf einerseits eine Leitung bestimmten Durchmessers sein, bevor $R_{Ltg} = R_{Lsp}$ wird. Andererseits steht aber vom Verstärker her für kleinere Lastwiderstände gemäß „Idealformel" $P_{max} = \frac{U_B^2}{8 R_a}$ eine größere Leistung zur Verfügung, solange der Verstärker überhaupt noch dafür ausgelegt ist. Die „störbegrenzte" Reichweite hängt stark von den Umgebungsbedingungen, der Leitungsführung, den Aufstellungsorten und den in der Hauptstelle zusätzlich getroffenen Abschirmmaßnahmen ab. Als Hauptstörquellen, die u. U. unmittelbar von dem jeweils als Mikrofon dienenden Lautsprecher aufgefangen werden oder die auch kapazitiv in den unabgeschirmten Verstärkereingang (hinter dem Bandpaß!) einkoppeln, erwiesen sich Leuchtstoffröhrendrosseln und Fernsehempfänger. Auch der beim Versuchsaufbau zunächst benutzte Klingeltransformator des Netzteils brachte bei zu enger Anordnung beider Geräteeinheiten erhebliche Störungen. Die einfachste Gegenmaßnahme, falls ein einziger Störer einstreut, besteht im richtungsselektiven Ausblenden („Ferritstab-Peileffekt"). Bei den Versuchen erwies sich der Fernsehempfänger eines Nachbarn (nur durch eine Wand getrennt) als größte Störquelle. Die (unabgeschirmte) Hauptstelle mußte einen davon weiter entfernten Standort erhalten. Eine andere Störquelle wirkte kapazitiv: Näherte man sich einer eingeschalteten Leuchtstoffröhre und mit der Hand gleichzeitig dem Verstärkerbaustein, so war ein beträchtliches Störgeräusch vernehmbar. Schließlich genügte in der Nähe des erwähnten Klingeltransformators schon eine ungünstige Lage der Verteiler-Lüsterklemmenleiste, um über die dort zwangsläufig etwas aufgefächerten Leitungsdrähte Netzbrumm einzufangen. „Geheimnisvoller" wirken Störungen, die bei Netzbetrieb über die Stromversorgung in den Verstärker gelangen. Abhilfe schaffen meist Kondensatoren über der Niederspannungsseite des Netztransformators, z. B. in der Art des für die Anlage schließlich benutzten handelsüblichen Netzteils SG6P/12, dessen Schaltung in Abschnitt 7. wiedergegeben wird.
Je nach Störpegel wird man also außer dem Bandpaß gemäß Bild 7, der die Hauptstelle gegenüber der Leitung entstört, noch eine Abschirmung des Verstärkerbausteins (aus Blech oder kupferkaschiertem Hartpapier zusammengelötete Haube, mit Masse verbunden) und gegebenenfalls eine magnetisch abschirmende Eisenblechhaube für den Lautsprecher (z. B. kleine Konservendose, ebenfalls gegen kapazitiv einstreuende Störer noch an Masse gelegt) vorsehen müssen. Beide Maßnahmen erwiesen sich allerdings nach günstiger Plazierung beim Mustergerät als unnötig.

4. Prinzip einer Wechselsprechanlage mit n Nebenstellen

4.1. Anlage mit n = 2 Nebenstellen

Seit dem letzten Originalbauplan zu diesem Thema sind einige Jahre vergangen. Daher wurden in den vorliegenden Bauplan auch schon früher gegebene Hinweise übernommen (jedoch mit Ergänzungen). Dazu gehört die in Bild 15 gezeigte Wechselsprechanlagenschaltung für n = 2 Nebenstellen, ein oft gewünschter Betriebsfall. Verstärker und Nebenstelle sind nur angedeutet, da es zunächst hauptsächlich auf das Prinzip der Schalterverdrahtung ankommt, die für heute übliche Schiebetastenschalter wiedergegeben wird. Jeder der beiden Nebenstellen ist auf einem 4-Tasten-Schalter mit abhängig rastenden Tasten ein Paar „Sprechen-Hören" zugeordnet; die Zuleitung der jeweils nicht angesprochenen Nebenstelle wird von den Tasten der anderen Nebenstelle für die Gesprächsdauer unterbrochen.

4.2. Anlage mit n ≧ 3 Nebenstellen

Der Anschluß von mehr als 2 Nebenstellen an eine Hauptstelle legt eine Teilung der Funktionen auf 2 Tastensätze nahe. Dabei ermöglichen die modernen, selbstrastenden Einzeltasten eine beliebige Gestaltung. Eine solche Taste mit 4 Umschaltern eignet sich als Sprech-Hör-Taste; weitere Einzeltasten können die Nebenstelle anwählen. Allerdings wird man in den meisten Fällen nur immer mit einer einzigen Nebenstelle gleichzeitig sprechen wollen. Das läßt sich besser mit einem abhängig rastenden Tastensatz mit n Tasten realisieren.
Bild 16a gibt die Verdrahtung der Sprech-Hör-Taste bei Verwendung eines modernen, rastenden 1-Tasten-Schalters nach dem Foto Bild 16b wieder. Das Prinzip der Nebenstellenwahl wird in Bild 17 erläutert: Im Ruhezustand liegen alle Nebenstellen, bezüglich ihres Ruftons über Dioden voneinander entkoppelt, am Lautsprecher der Hauptstelle. (Wie das wegen der Schaltung des Verstärkerausgangs praktisch geschieht, wird später erläutert.)
Ruft eine von ihnen (oder soll sie angesprochen werden), so drückt man in der Hauptstelle die ihr zugeordnete und entsprechend beschriftete Taste und trennt damit alle anderen Nebenstellen ab.

Gleichzeitig wird dabei die dieser Nebenstelle zugeordnete Diode wirkungslos. Der Nebenstellenruf wird in der Hauptstelle außer durch den Rufton (in der Nebenstelle als Kontrollton hörbar) noch optisch über die jeder Nebenstelle zugeordnete Lampe angezeigt. Diese besonders bei großer Nebenstellenanzahl sehr nützliche Zusatzanzeige wird durch die ebenfalls „eisenlose" Rufgeneratorschaltung der Nebenstellen ermöglicht.
Da zunächst die gesamte Anlage nur kurz vorgestellt werden soll, zeigt Bild 18 ihren Übersichtsschaltplan. Die Verknüpfung der Wahlschalter geht im Prinzip bereits aus Bild 17 hervor. Die weiter unten im Detail vorgegebene Schalterbelegung und damit Funktions-Zwangskopplung besonders bezüglich der Stromversorgung muß man wegen der beim Einsatz eines eisenlosen Verstärkers vorliegenden besonderen Verhältnisse unbedingt einhalten.

5. Vollständige Schaltungen für eine Anlage mit $n \geqq 3$ Nebenstellen

Da sich die Verhältnisse für $n > 3$ gegenüber $n = 3$ nicht mehr ändern, sollen die folgenden Erläuterungen aus Gründen der Übersichtlichkeit bezüglich der Bilder auf 3 Nebenstellen beschränkt bleiben. Außerdem enthält die Anlage noch eine spezielle Verknüpfungstaste, die ein Durchstellen zwischen 2 Nebenstellen zur akustischen Überwachung gestattet. (Über eine Klemmleiste kann dabei ggf. die Zuordnung beliebig verändert werden.)

5.1. Nebenstelle

Es ist zweckmäßig, die Betrachtungen bei der Schaltung der Nebenstellen (Bild 19) zu beginnen. Dadurch werden einige Einzelheiten in der Hauptstelle verständlicher. Jede Nebenstelle enthält neben dem Lautsprecher und der Hörsperre mit Auslösetaste einen Rufgenerator und eine Ruftaste. Die Stromversorgung wird je nach Gesamtkonzeption aus 2 RZP2-Kleinakkumulatoren (zusammen 4 V) oder über eine dritte Ader aus einer zentralen Stromversorgungseinheit vorgenommen, die jedoch für die Nebenstellen eine von der ersten getrennte (!) und gegen 0 positive Spannung liefern muß (die Hauptstelle benötigt eine gegen 0 negative Spannung). Der Rufgenerator arbeitet ebenfalls „eisenlos" in einer Komplementärmultivibratorschaltung mit SS 216 (SF 136, SF 126 usw.) und GC 301 (GC 121 o.ä.). Die Stromverstärkungsgruppe des Siliziumtransistors sollte bei C oder D liegen, für den Germaniumtransistor genügt dann ein B ab etwa 30. Am Potentiometer wird der günstigste Arbeitspunkt nicht nur hinsichtlich des erzeugten Tons, sondern auch bezüglich Ansprechens der Signallampe in der Hauptstelle eingestellt. Für diesen Abgleich legt man eine Lampe 3,8/0,07 statt der Leitung an die Nebenstellenanschlüsse. Der Generator ist richtig eingestellt, wenn bei Betätigen der Ruftaste ein genügend gut hörbarer Ton im Nebenstellenlautsprecher ertönt und dabei die Lampe mit mittlerer Helligkeit leuchtet. Der erzeugte Ton wird also stets in der Nebenstelle zur Kontrolle mitgehört. Dafür ist seine Lautstärke jedoch zu hoch. In der Hauptstelle kommt dieser Ton auf Grund der Schaltungseigenarten (optische Zusatzanzeige und Art der Ankopplung des Hauptstellenlautsprechers) viel leiser an. Dieser Pegel wird mit dem bei „Ruf" dem Lautsprecher der Nebenstelle parallelgeschalteten Widerstand auch in etwa für die Nebenstelle eingehalten. Auch dieser Widerstand ist zweckmäßig aus dem obengenannten Widerstandsdraht anzufertigen.
Der Tastensatz der Nebenstelle besteht aus 2 Einzeltasten, von denen nur die Hörsperrentaste rasten muß. Für das Mustergerät standen Einheiten mit 2 unabhängig rastenden Tasten zur Verfügung. Eine einfache Maßnahme hob die Rastung der einen Taste auf: Beide Tasten wurden so auf der Leiterplatte montiert, daß sie kurz vor dem Rastpunkt von der Leiterplattenkante gebremst wurden. Für die Hörsperrentaste erhielt die Kante dann eine Aussparung. Die Ruftaste trennt die Hörsperrendioden vom Generatorausgang und legt die Versorgungsspannung des Generators an die Nulleitung. Ausgangsseitig entsteht auf diese Weise folgender Stromkreis (Bild 20): Pluspol Speisespannung, Emitter-Kollektor-Strecke T 2, Lautsprecher der Nebenstelle, Leiter zur Hauptstelle, Lampe in der Hauptstelle, Rückleitung (Nulleitung), Minuspol der Speisespannung. Dadurch kontrolliert der Nebenstellenlautsprecher zumindest, ob ein Rufton „abgeht", liefert allerdings keine Aussage über einen möglichen

Kurzschluß in der Leitung. Die Hauptstelle hört den Rufton mittelbar, nämlich als Folge des Spannungsabfalls über der Signallampe (s. ebenfalls Bild 20): Die Entkopplungsdioden in der Hauptstelle bewirken zunächst, daß der Ruf nicht auf die anderen Nebenstellen durchgreift. Hinter der Diode gelangt das Signal aber nicht unmittelbar auf den Lautsprecher, da dieser nur 1polig direkt (genauer: hinter der Diode) am Signalkreis liegt. Vielmehr verläuft dieser Weg in Pulsdurchlaßrichtung (bezüglich Diode) auf der in Bild 20 ausgezogenen gezeichneten Linie, während sich in der Sperrphase die Koppelkondensatorladung über den gestrichelt dargestellten Pfad ausgleicht. (Der Koppelkondensator wird dabei umgekehrt betrieben, doch bewirken die verschiedenen Dioden im Stromkreis eine nur relativ kleine, ungefährliche Spannung.)
Die Stromwege verlaufen also über die Basis-Kollektordioden der Endstufentransistoren und die Reststromableitwiderstände! Die Praxis zeigt, daß diese erhebliche Fehlanpassung des Hauptstellenlautsprechers dennoch eine für mittlere Geräuschpegel genügende Signallautstärke ergibt. Wäre der Lastwiderstand hinter der Entkopplungsdiode wesentlich kleiner, so würde andererseits die Signallampe auch nicht leuchten.
Sobald in der Hauptstelle auf das Signal hin die zugeordnete Taste gedrückt wird, schaltet sich die Leitung von der Lampe auf den Sprechen-Hören-Schalter um. Von diesem aus erfolgt dann die Gesprächsabwicklung. Falls in der Nebenstelle die Ruftaste noch so lange gedrückt war, hört man dort an der Änderung des Ruftons, daß die Hauptstelle eingeschaltet ist. Die nichtrastende Ruftaste wird losgelassen und die „Gesprächstaste" für die Dauer des Gesprächs eingerastet (also die Hörsperre aufgehoben). Die bezüglich ihrer Grundfunktion zusätzlichen Kontakte der Gesprächstaste verhindern, daß Rufen bei versehentlich gedrückter Taste erfolgt, denn dadurch würde der Rufgeneratorausgang kurzgeschlossen.
Außer Lautsprecher und Stromversorgung wurden alle Teile der Nebenstelle auf einer Leiterplatte untergebracht, deren Abmessungen und Gestaltung von den beiden Tasten bestimmt wurden. Sofern mit anderen Tasten gearbeitet wird, ist die Platte entsprechend zu ändern. Bild 21 zeigt ein mögliches Leitungsmuster, Bild 22 den Bestückungsplan mit „durchschimmernden" Leitungszügen. Auf die beiden Möglichkeiten der Stromversorgung wurde durch die beiden Anschlüsse für den positiven Pol Rücksicht genommen: Bei zentraler Stromversorgung mit höherer Spannung empfehlen sich der angedeutete Vorwiderstand und eine 5-V-Z-Diode. Der Generator ist dann auf diese Spannung hin in der schon beschriebenen Weise abzugleichen.

5.2. Hauptstelle

Die Hauptstelle besteht aus dem bereits in Abschnitt 1. beschriebenen Verstärker auf einer Leiterplatte vom Format 35 mm × 80 mm, einem Bandpaß gemäß Abschnitt 3., einer Sprech-Hör-Taste (s. Abschnitt 4.2.) und dem Tastensatz für das Auswählen der gewünschten Nebenstelle. In Tastennähe befinden sich die Signallampen für die Anzeige, welche Nebenstelle gerade ruft. Schließlich gehören zur Hauptstelle noch der auch als Mikrofon dienende Lautsprecher (im Muster ein 112 M – Leistungsbegrenzung des Verstärkers beachten!) und die Lüsterklemmenleiste für die Außenanschlüsse. Die Anordnung der Teile wird in Abschnitt 6. beschrieben.
Aus dem Übersichtsschaltplan nach Bild 18 wurde die vollständige Tastenverdrahtung entsprechend Bild 23 abgeleitet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgte für die bereits vorgestellten Schaltungsteile nur noch eine Übersichtsdarstellung; die Anschlußpunkte sind in den entsprechenden Einzelbildern enthalten. Die freien Schalterkontakte kann man im Bedarfsfall z. B. dazu ausnutzen, daß – angepaßt an die jeweiligen Lärmpegel der zu erreichenden Räume – unterschiedliche Gegenkopplungswiderstände eingeschaltet werden, oder man wählt entsprechend dem akustischen Verhalten der einzelnen Nebenstellenorte unterschiedlich große Koppelkondensatoren im Bandpaß.
Während über 3 Tasten des 4-Tasten-Wahlschalters die 3 Nebenstellen der Musteranlage angewählt werden können, erlaubt die 4. Taste eine spezielle Verknüpfung. Mit ihr kann man Nebenstelle 1 (oder – bei sinngemäßer Beschaltung – auch 2 und 3) als „Haupt-Nebenstelle" verwenden. Das bedeutet, daß der Verstärker der Hauptstelle dazu dient, z. B. eine Lauschverbindung zwischen Nebenstelle 1 und (wahlweise) 2 oder 3 durchzuschalten, je nachdem, welche Nebenstellentaste außer Taste 4 noch gedrückt wird. Im vorliegenden Fall arbeitet dann also Taste 4 für Nebenstelle 1, außerdem muß gleichzeitig noch die Taste der gewünschten anderen Nebenstelle (2 oder 3) gedrückt werden.

Schließlich bestimmt man noch mit der Sprech-Hör-Taste die Richtung: Drücken bedeutet, daß Nebenstelle 1 als „Sender" dient, Auslösen macht sie zum „Empfänger" für die andere Nebenstelle. Man kann also z. B. die Hauptstelle für die tägliche variable Nutzung einsetzen und außerdem z. B. abends bei Bedarf einen Raum mit Nebenstelle von einem anderen Raum, in dem ebenfalls eine Nebenstelle steht, abhören (z. B. Kinderzimmer).
Zu diesem Zweck wird der Lautsprecher der Hauptstelle über Taste 4 „geschleift", denn statt seiner liegt bei Betätigen von Taste 4 die durch entsprechende Verdrahtung gewählte „Haupt-Nebenstelle" am Umschalter „Hören-Sprechen".
Im Ruhezustand von Taste 4 ist die über sie geführte Nebenstelle wieder mit der ihr sonst zugeordneten Taste verbunden.

6. Bauhinweise

Bezüglich der Leiterplattenanfertigung bedarf es wohl keiner besonderen Hinweise mehr – alles Wissenswerte findet der Leser in Bauplan Nr. 20. Die wichtigste Leiterplatte, die des Verstärkers, wird außerdem voraussichtlich noch während der Laufzeit dieses Bauplans unter der Bezeichnung LVB 2 im Handel erscheinen. Für sie gilt dann der Bestückungsplan nach Bild 3.
Auch um größere Gehäuseteile soll das System „Amateurelektronik" (ebenfalls voraussichtlich noch 1974) erweitert werden. Wechselsprechanlagen haben allerdings ihre eigene Formgebung, die industriell immer wieder anzutreffen ist und auf eine pultförmige Anordnung mit schräggestelltem Lautsprecher hinausläuft. Diese Bauform sieht komplizierter aus, als sie ist. Im vorliegenden Bauplan wurde sie daher am Beispiel der Hauptstelle praktisch ausgeführt, und es ergab sich ein optisch recht ansprechendes Gebilde. Die Nebenstellen können in gleicher Weise (nur mit weniger Öffnungen für den Tastenschalter) ausgeführt werden. Die Musternebenstellen wurden jedoch in eine andere Gehäuseart eingebaut, um auch diese Möglichkeit zu zeigen.
Für das Material steht ein großes Angebot zur Verfügung, von Holz über Blech bis PVC und Polystyrol. Bei Erarbeitung des Bauplans wurde nun ein „Halbzeug" in Heimwerkerbedarfsgeschäften angeboten, dessen Bezeichnung „Plastwandfliesen" lautet. Es handelt sich um verschiedenfarbige, etwa 2,5 mm dicke Polystyrolplatten mit den Kantenabmessungen 120 mm × 120 mm. Auf dieses Format hin wurde das Gehäuse der Hauptstelle ausgelegt; ähnlich (oder auch streng kubisch) könnten ebenfalls die Nebenstellen aufgebaut werden, je nach verwendetem Lautsprechertyp.

6.1. Hauptstelle

Für die Bodenplatte wurde das volle Format der Plastkacheln ausgenutzt. Die auf die Pultform hin zugeschnittenen Seitenteile sind ebenfalls 120 mm lang und greifen beidseitig über die Bodenplatte. Damit konnten Vorder- und Rückwand sowie die waagrechte und die schrägliegende „Arbeitsfläche" gleichfalls 120 mm lang bleiben, so daß sich insgesamt ein minimaler Bearbeitungsaufwand ergab. Die zwischen die Seitenteile eingefügten Teile Vorderwand und Rückwand stehen dadurch auf der Bodenplatte. Einem ungewollten Verschieben des Oberteils begegnet man mit kleinen Anschlagklötzen, die im Abstand von 2,5 mm vom Rand auf der Bodenplatte aufgeklebt werden. Für sie und für das Zusammenkleben der Wandteile wurden Trägerstreifen aus dem bisherigen Gehäuseteilesortiment von „Amateurelektronik" verwendet. Genaue Abmessungen müssen nur die beiden an den Vorderkanten angebrachten Trägerstreifen haben, da sie auf der einen Seite die Bodenplatte berühren und auf der anderen Seite die Bedienplatte stützen.
Die beiden schrägliegenden Trägerstreifen sind auf der Rückwandseite mit Laubsäge und Feile entsprechend abzuschrägen, damit die Rückwand glatt anliegt. Die Oberkante der Rückwand erhält ebenfalls eine Schräge, so daß sie sich der schrägliegenden Lautsprecherfläche anpaßt. Ihrer unteren

Kante ist die Bedienplatte mit einer entsprechenden angefeilten Schräge anzupassen. Beim Zuschnitt der Teile muß bezüglich der Abmessungen dieses „Ineinanderschachteln" berücksichtigt werden!
Aus Gründen einer günstigeren optischen Wirkung erhält die Lautsprecherplatte über die gesamte Fläche Bohrungen. Die außerhalb des Lautsprechers liegenden können von innen z. B. mit schwarzem Karton abgedeckt werden, wenn Wert auf die Wiedergabe tieferer Frequenzen gelegt wird. Im allgemeinen ist das bei Sprechverbindungen aber nicht nötig. Den Lautsprecher klebt man mit Plastkleber an oder hält ihn mit angeklebten, übereinandergreifenden Polystyrolstückchen.
Ebenfalls aus einem Polystyrolstreifen besteht die Lampenbrücke. Die Lampen werden in entsprechende Bohrungen gesteckt und einfach von hinten durch einen über alle gelöteten steifen Draht gehalten. Die 4. Lampe des Musters ist nicht angeschlossen, da die 4. Taste ja dem Durchschalten dient. Diese Lampenbrücke steht auf 2 Trägerstreifen aus Polystyrol, so daß auch für diese Befestigung Plastkleber genügt.
Die beiden Tastenschalter wurden angeschraubt. Dazu eignen sich sogar Holzsenkschrauben, wenn (wie im Mustergerät) die Abstandsbolzen aus hölzernen Rundstäben bestehen. Man muß sie nur entsprechend den verwendeten Schrauben vorbohren, damit sie nicht platzen.
Die Bodenplatte erhält angesenkte Löcher, so daß die Senkschrauben mit der Oberfläche abschließen. Als Kratzschutz für die Tischplatte kann gegebenenfalls noch eine dünne Schaumstoffschicht auf die Bodenplatte aufgeklebt werden.
Auch Verstärker und Lüsterklemmenleiste sind mit (Metall-)Senkschrauben zu befestigen. Die Verstärkerleiterplatte kann zu diesem Zweck Gewinde erhalten (M 2 oder – unter Beachtung der nötigen Vorsicht gegen Ausreißen – wie im Muster M 3); angeschraubt wird unter Zwischenlegen von kurzen Abstandsbuchsen. Die Bandpaßplattenbefestigung besteht im Mustergerät lediglich aus thermisch eingedrückten, oberhalb der Leiterplatte anschließend abgebogenen Drähten.
Die beiden Schalter können zunächst außerhalb des Geräts verdrahtet werden. Die Verbindungen innerhalb der Gesamtschaltung sind jeweils paarig zu verdrillen, damit Streufelder keine Störungen verursachen. Die Anordnung der Baueinheiten geht aus Bild 24a hervor. Bild 24b zeigt die Kabelführung (der Übersichtlichkeit wegen etwas aufgefächert). Weitere Ansichten der Hauptstelle, die im Muster aus schwarzen und gelben Polystyrolfliesen besteht, sind in Bild 25 enthalten.
Abschließend folgen noch einige Hinweise zur Bearbeitung von Polystyrol.

Sägen
Das Laubsägeblatt soll nicht zu fein gezähnt sein, da es sonst schnell „zuwächst". Bereits nach etwa 3 Sägehüben hat sich das Blatt so stark erwärmt, daß das Polystyrol erweicht und das Weitersägen stark behindert. Kühlmaßnahmen (z. B. mit Kerzenwachs) sind möglich, aber relativ umständlich. Am einfachsten ist es noch, eben entsprechend langsam, gewissermaßen „geduldig" zu sägen und einige Male zu unterbrechen. Dennoch darf man sich nicht wundern, wenn die Laubsäge am anderen Ende zwar herauskommt, die beiden Teile aber nicht auseinanderfallen. In der Sägelinie tritt durch die Sägetemperatur ein Verschweißeffekt ein und hält die Teile weiter zusammen. Sie lassen sich aber dann sehr leicht auseinanderbrechen. Den Rest besorgt die Feile. Unter der Voraussetzung, daß man einigermaßen der mit der Reißnadel erzeugten Linie gefolgt ist, genügt eine mittlere Schlichtfeile. Zunächst müssen die beim Sägen geschmolzenen und danach wieder erstarrten Sägespäne entfernt werden, dann erst kann man die Kante selbst glätten. Auch dabei gilt: Nur mäßig aufdrücken, nicht zu schnell arbeiten, sonst verschmiert die Kante!

Bohren
Bohren ist problematisch, sobald größere Durchmesser erforderlich werden. Der scharfe Bohrer „frißt" sich in das relativ weiche Material, und es entstehen schnell ausgerissene Kanten. Da der Amateur aber kaum über spezielle Kunststoffbohrer verfügen dürfte, muß er mit den vorhandenen „Spiral"-Bohrern arbeiten. Auch in der Bohrgeschwindigkeit wird er meist nicht viel variieren können. So läuft es darauf hinaus, die kleineren Löcher (im Muster die für die Lautsprecherfront, nämlich etwa 4,5 mm Durchmesser) zunächst mit 2 mm vorzubohren und dann auf den endgültigen Durchmesser aufzubohren. Da Ankörnen wegen der Splittergefahr nicht zu empfehlen ist, bringt man in den Kreuzungspunkten der mit Bleistift aufgetragenen Hilfslinien zunächst kleine Vertiefungen für den 2-mm-Bohrer an. Das kann z. B. mit einer Messerspitze erfolgen, die man dazu von Hand dreht. Lagekorrekturen sind mit diesem Werkzeug noch am leichtesten möglich. Die großen Öffnungen für die Tastenköpfe

werden am besten ausgesägt. Es empfiehlt sich, innerhalb der mit einem Stechzirkel angeritzten Kreise für die Säge 3 bis 4 Bohrungen anzubringen, damit man „unterwegs" einige Male absetzen und das Blatt abkühlen lassen kann. Geglättet wird anschließend entweder mit einer Rundfeile oder – wenn man das nötige Geschick erworben hat – sogar mit dem Taschenmesser. Aufweiten läßt sich gegebenenfalls mit einem konisch zulaufenden Vierkant entsprechender Dicke (z. B. schmale Flachzange) und anschließendem Abheben des entstehenden Grates mit dem Taschenmesser.

Kleben
Seine günstigen Klebeeigenschaften sprechen neben der Auswahl an Farben für das benutzte Material. Ein Lösungsmittelkleber, z. B. auf Toluol- oder Benzolbasis, etwa der bekannte „Plastikfix" vom VEB ASOL-Chemie Berlin, bewirkt die innige Verbindung der Teile. Allerdings darf kein Klebertropfen auf einen später sichtbaren Teil der Oberfläche gelangen – das gibt unschöne Flecken. Ganz Vorsichtige bekleben daher ihre Platten (auch zum Schutz gegen Kratzer bei der Bearbeitung) zunächst mit Hilfe eines wasserlöslichen Klebers mit Papier. Von ihm läßt sich ein Klebertropfen schnell abwischen, bevor er eventuell sogar durch das Papier hindurch die Oberfläche angreifen kann.
Die zu verbindenden Flächen sollen möglichst glatt anliegen. Beide Seiten werden dünn mit Kleber bestrichen, der das Material schnell anlöst. Dann fügt man die Teile zusammen und achtet darauf, daß hervorquellender (also zu dick aufgetragener) Kleber nirgends Schaden anrichten kann. Die Klebestelle braucht nun einige Stunden „Ruhe und Entspannung". Das heißt: Durch entsprechende, bereits vor Beginn des Klebens aufgestellte Hilfsvorrichtungen muß das geklebte Gebilde in der Sollage gehalten werden, ohne daß auf die Klebestelle trennende Kräfte einwirken können. Wer geschickt genug ist, dem gelingt allerdings die Montage des Gehäuseoberteils „in einem Zuge", denn am Ende hält ein Teil das andere.
Diese Hinweise mögen zunächst eher vom Werkstoff Polystyrol abhalten als für ihn begeistern. Erst die eigene Praxis wird diese Bedenken beseitigen. Das farbenfrohe Endprodukt mit seiner glatten, glänzenden Oberfläche überzeugt dann sicherlich endgültig.
Abschließend noch ein kleiner Hinweis zu dem in den Bildern erkennbaren Knopf für die Umschalttaste „Sprechen-Hören": Diese Tasten waren ohne Knopf erhältlich. Ein passend aufgebohrter Zahnpastatubenverschluß, der klemmend aufgeschoben wird, erwies sich als wirkungsvoller Ersatz. Die obere Öffnung kann z. B. mit der Knetmasse „Suralin" verschlossen werden.

6.2. Nebenstellen

Neben der soeben beschriebenen Möglichkeit und den vielfältigen anderen Materialvarianten bietet sich für die Nebenstellen auch die Verwendung von Fertiggehäusen an. Dabei ist zu bedenken, daß oft nur die Hauptstelle als „Tischapparat" fungiert, während Nebenstellen auch an Wänden hängen können (z. B. Türsprechanlage). Dann ist die Pultform funktionell nicht einzusehen. Besitzer des inzwischen weitverbreiteten Elektronik-Baukastensystems „PIKOTRON" haben die Möglichkeit, seine beiden Lautsprecher samt Gehäuse außer für (gelegentliche) Experimente auch als Nebenstellen einzusetzen. Dazu erhält das Gehäuse lediglich 2 Durchbrüche für die Tastenknöpfe (im Beispiel sind sie quadratisch) unterhalb des Lautsprechers. In der darunterliegenden Seitenwand sind außerdem noch Bohrungen zur Befestigung der Nebenstellenleiterplatte erforderlich. Auf Wunsch kann die Rückseite mit einer Fliesenplatte 120 mm × 120 mm geschlossen werden, denn genau diese Maße hat das Gehäuse auch! Die Nebenstellen der Musteranlage wurden durch je 2 Kleinakkumulatoren RZP 2 gespeist. Die dazu nötigen Batteriebehälter aus dem System „Amateurelektronik" passen ebenfalls genau in das PIKOTRON-Gehäuse. Bild 26 zeigt den auf diese Weise zur Nebenstelle gewordenen PIKOTRON-Lautsprecher.

6.3. Verbindungen

Wie bereits eingangs erwähnt (im Zusammenhang mit den Fragen von Leitungswiderstand und Leistungsaufteilung), genügt im allgemeinen 2adriger, am besten verdrillter „Klingeldraht" zum Verbinden der Hauptstelle mit den Nebenstellen. Für länger zusammenlaufende Leitungen, die erst danach zu den einzelnen Nebenstellen aufgefächert werden, eignet sich gut mehradrige Telefonleitung. Die längste Verbindungsleitung der Musteranlage führte zu einer (am Draht gemessen) etwa 30 m entfernten „Außenstelle", doch lassen sich größere Entfernungen ebenfalls noch überbrücken.
Da die Hauptstelle selbst in gewissem Maße beweglich bleiben soll, verwendet man am besten für die ersten 2 m eine mehradrige Litzenleitung, die an der Wand in einer Klemmenleiste endet. Dort kann ebenfalls das Netzgerät fest montiert werden; auch von ihm führt eine 2adrige Leitung zur Hauptstelle.

Wichtiger Hinweis
Man kennzeichne alle Anschlüsse unverwechselbar, damit die Nebenstellen mit der Hauptstelle auch tatsächlich im Sinne der entsprechenden Bilder verbunden werden! Besonders bei Speisung der Nebenstellen aus einer zentralen (zweiten) Spannungsquelle kann es anderenfalls sonst zu Schäden in der Anlage kommen.

7. Stromversorgung

Infolge des relativ großen möglichen Speisespannungsbereichs für den Verstärker (allerdings verbunden mit einem entsprechenden Verstärkungs- und Aussteuerbarkeits-„Hub") ist für die Anlage ein großes Spektrum von Stromversorgungseinheiten geeignet. Das beginnt beim mobilen „Kurzzeit"-Einsatz (z. B. für Geländespiele) mit einem Batteriekasten, der aus RZP2-Behältern bestehen kann und unter oder hinter der Hauptstelle angebracht wird, und endet beim industriell angebotenen Netzteil für Transistorempfänger. Gerade die letztgenannte Möglichkeit hat wegen der garantierten Sicherheit gegen Berührungsgefahr zum Netz hin große Vorteile für den Amateur. Dazwischen liegen Eigenbaunetzteile, die aber nur in Verbindung mit Schutztransformatoren zulässig sind. Eine Möglichkeit besteht z. B. darin, den Klingeltransformator der Hausklingelanlage auszunutzen. Höhere Spannungen lassen sich gegebenenfalls durch eine Verdopplerschaltung erzielen, doch sollten 12 V nicht überschritten werden. Auch ein Fahrtransformator für Modellbahnen (Typ F 2, entsprechend eingestellt und mit einer Siebkombination versehen) erwies sich als gut geeignet.
Gegen Hochlaufen der Spannung im Leerlauf über 12 V hinaus empfiehlt sich dabei eine Leistungs-Z-Diode zwischen 10 V und 12 V auf einem Kühlblech 50 mm × 50 mm, wenn der Siebwiderstand zwischen den beiden 1000 µF-Elektrolytkondensatoren der zusätzlichen Siebschaltung etwa 10 Ω groß ist. Die Leerlaufspannung ohne Z-Diode wird auf etwa 14 V eingestellt.
Stellvertretend für komplette, bereits stabilisierte Netzanschlußgeräte soll die Schaltung des in der Musteranlage verwendeten handelsüblichen Netzteils SG 6 P/12 vorgestellt werden (Bild 27), von dem es aber auch eine 6-V- und eine 9-V-Variante gibt. (Bei 9 V ist die Gefahr einer Überlastung kleinerer Lautsprechertypen geringer, sofern sie nicht zu kleine Widerstände, also z. B. unter 8 Ω, haben.) Bild 28 zeigt die Belastungskurve dieser Z-Diodenstabilisierungsschaltung; daraus läßt sich erkennen, daß der 10-Ω-Vorwiderstand nur einen kleinen Teil des tatsächlich wirksamen R_i des Netzteils bildet.

Sollen auch die Nebenstellen mit aus einem Netzgerät gespeist werden, so braucht man einen Schutztransformator mit 2 getrennten Wicklungen. Wo noch ein Klingeltransformator mit 3 sekundären Anschlüssen („3 V, 5 V, 8 V") vorhanden ist, hilft bei entsprechendem Geschick und genügender Sachkenntnis u. U. folgender Eingriff: **Achtung! Nur Sachkundigen empfohlen, die für die weitere Erhaltung der Schutzfunktion des Transformators garantieren können!** Sofern nämlich der Abgriff für 3 V verdrillt herausgeführt wurde und erst an der Klemme kontaktiert ist, kann er vorsichtig geöffnet werden, so daß jetzt die Wickelteile für 3 V und 5 V (Wechselspannung, Effektivwert!) getrennt zur Verfügung stehen. Mit einer Einweg-Gleichrichterschaltung (SY 200 o. ä. mit Lade-C 500 bis

1000 µF/10 V) wird aus der 3-V-Seite eine Gleichspannung in der Größenordnung von (nominell) 4,2 V gewonnen, die man zur Speisung der Nebenstellengeneratoren über einen dann nötigen 3. Draht zu den Nebenstellen benutzt. Da die 5-V-Seite nach Gleichrichtung nur etwa 7 V liefert ($U_{eff} \cdot \sqrt{2}$), empfiehlt sich eine Verdopplerschaltung. Hinter dieser ist eine 12-V-Leistungs-Z-Diode mit Kühlblech im gleichen Sinne wie bei obengenannter Fahrtransformatorlösung einzusetzen (Bild 29).

8. Literatur

Wechselsprechanlagen wurden in den vergangenen Jahren in vielfältiger Weise gebaut und beschrieben. Die Anlage dieses Bauplans ist die logische Weiterentwicklung der in den Originalbauplänen 2 („DIALOG") und 10 („DIALOG-KOMBI") gebotenen Prinzipien. Auch sie kann – bauelementebedingt und vom Stand der Technik her – nur eine „Zwischenstation" sein. In absehbarer Zeit dürften integrierte Leistungsverstärker zur Verfügung stehen, die den Schwerpunkt der Arbeit noch mehr vom Verstärker selbst auf seinen Einsatz hin verschieben werden. Es empfiehlt sich, die in den einschlägigen Fachzeitschriften dazu erscheinenden Informationen aufmerksam zu verfolgen. Der Bau von „DIALOG 74" jedenfalls dürfte ohne weitere Literaturinformationen gelingen. Im Text erfolgte mit Vermerk [1] ein Hinweis auf Originalbauplan Nr. 17 (NF-Stereoverstärker), in dem einiges zu eisenlosen Endstufen ausgeführt wird.

9. Bauelementefragen und Bezugsquellen

Eisenlose Verstärkertechnik ist „transistorintensiv". Billige Germanium- und Siliziumtransistoren sind, einzeln oder in den beliebten Bastlerbeuteln, überall erhältlich. Das bedeutet, daß der elektronische Teil von „DIALOG 74" kaum teurer werden muß als der noch mit 2 Kleinübertragern zu je 6,– bis 7,– M in der Hauptstelle und je einen solchen Übertrager in jeder Nebenstelle bestückte „DIALOG"-Verstärker von 1964. Freizügigere Bauweise wurde möglich durch die modernen Miniaturtastenschalter. In den Schaltungen des Bauplans werden die jüngsten Vertreter dieser Reihe eingesetzt; ihre Vorläufer in etwas kompakterer, aber im Gesamt-Wirkvolumen kaum größerer Ausführung passen mit nur geringen Änderungen bezüglich der Befestigung ebenfalls in die vorgestellten Konstruktionen. Auch bei diesen Bauelementen zeigt sich der große qualitative Sprung gegenüber 1964 in günstigeren, weil kleineren „Quantitäten", die gleichzeitig eine viel leichtere, angenehmere Betätigung brachten.
An Lautsprechern sind viele Typen geeignet, je nachdem, welches Volumen die Anlage im ganzen einnehmen soll. Ab 1 W zulässiger Leistung können 8-Ω-Typen völlig unbedenklich an den Verstärker angeschlossen werden, bei kleineren aufgedruckten Leistungen beachte man die Hinweise im Text. Kleinere Impedanzen (z. B. 5 Ω) sind von der Auslegung des Verstärkers her noch möglich, ergeben allerdings nicht mehr die formelmäßig theoretisch zu erwartende Leistungssteigerung, die ja auch gar nicht gebraucht wird.
Die übrigen verwendeten Bauelemente gehören zum Standardsortiment der im folgenden aufgeführten und weiterer Amateurbedarfsgeschäfte. Unter den aufgeführten Adressen kann voraussichtlich ab Mitte 1974 auch die 1-W-Verstärkerplatte LVB 2 (35 mm × 80 mm), wie üblich komplett gelocht und beschnitten, bezogen werden (Versand allerdings nur vom Konsum-Elektronik-Akustik-Versand Wermsdorf!)
Die für das Hauptstellengehäuse verwendeten verschiedenfarbigen Polystyrolfliesen 120 mm × 120 mm und weitere Formate erhält man z. B. in den Heimwerkerabteilungen der Centrum-Warenhäuser (zumindest war das bei Manuskriptabschluß der Fall); Plastikfix führen manche Büromaterialgeschäfte, Farbenläden und Warenhäuser. „Klingeldraht" und Lüsterklemmenleisten gehören, ebenso wie die Signallämpchen 3,8 V/0,07 A, zum Standardangebot von Elektrofachgeschäften. Das Netzteil SG 6P/12 war bei Manuskriptabschluß in vielen RFT-Filialen erhältlich.

Die elektronischen Bauelemente des vorliegenden Originalbauplans sowie die Teile des Systems „Amateurelektronik" führen – soweit jeweils gerade verfügbar u.a. die folgenden Amateurbedarfs-Fachfilialen des RFT-Industrievertriebs und das genannte Versandgeschäft:
1058 Berlin, Kastanienallee 87 (Tel. 44 35 93); 1034 Berlin, Warschauer Str. 71 (Tel. 58 23 90); 801 Dresden, Ernst-Thälmann-Str. 9 (Tel. 49 10 02); 701 Leipzig, Grimmaische Str. 25 (Tel. 2 48 24); 501 Erfurt, Hermann-Jahn-Str. 11–12 (Tel. 2 21 08); 901 Karl-Marx-Stadt, Straße der Nationen 46 (Tel. 4 62 11); 25 Rostock, Steinstr. 6 (Tel. 3 46 35); 27 Schwerin, Martinstr. 1 (Tel. 39 71); 3018 Magdeburg, Lübecker Str. 118 (Tel. 22 32 58) sowie für alle nicht in diesen Orten wohnenden Leser Konsum-Elektronik-Akustik-Versand, 7264 Wermsdorf, Clara-Zetkin-Str. 21 (Tel. 3 33).

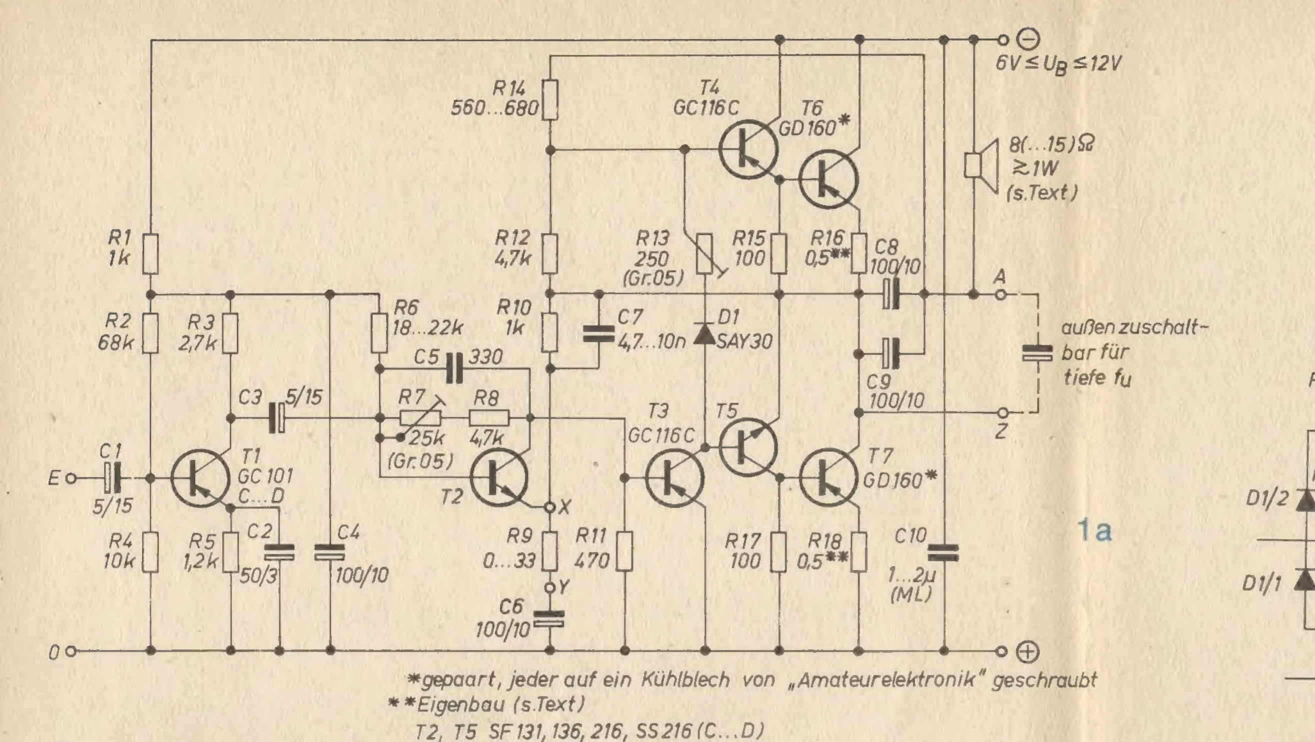
Tabelle 1 Einige Daten des Verstärkerbausteins in Verbindung mit den Oszillogrammen nach Bild 5

		bei R9 = … Ω	C_a = … µF	Oszillogramm Bild 5 …
untere Grenzfrequenz	75 Hz	10	1000	a
(zum Vergleich)	75 Hz	10	0	b
	250 Hz	10	0	c
	350 Hz	2,7	0	
obere Grenzfrequenz	24 kHz	10	0	d
	18 kHz	2,7	0	
Oszillogramme im Übertragungsbereich:	16 kHz	2,7	0	e
(Kurvenform)	4 kHz	2,7	0	f
	0,8 kHz	2,7	0	g
Eingangsspannung für P_{max} bei 1 kHz: U_{spitze}	1 mV	10	0	
	0,3 mV	2,7	0	
Ruhestromeinstellung für U_B = 9 V	9 mA	2,7	0	l
	14 mA	2,7	0	m
(Kurvenform für P_{max} bei 400 Hz)	20 mA	2,7	0	n
	25 mA	2,7	0	o
„U/2"-Einstellung für U_B = 9 V	4,1 V		0	n
	4,5 V		0	p
	3,8 V		0	q
kleine Betriebsspannung (U_B = 6 V);		10	0	h
Variation der Gegenkopplung; f = 400 Hz		2,7	0	i
		0	0	k
Wechselsprechbetrieb mit Netzteil nach Bild 27, Bild 28				
Ruhestrom	17 mA			
Strom bei Vollaussteuerung	170 mA			
unbegrenzter Sinus bis P_{max} an R_L = 8 Ω (dabei noch $U_B \approx$ 9,5 V)	≈ 0,9 W			

Tabelle 2 Widerstandswerte gebräuchlicher Drahtdurchmesser für 50 m Leitungslänge (also 100 m Drahtlänge für Hin- und Rückleitung)

Drahtdurchmesser des blanken Drahtes mm	Widerstand für 100 m (= 50 m Doppelleitung) Ω
0,4	14
0,5	9
0,6	6
0,7	4,5
0,8	3,5
0,9	2,7
1	2,2

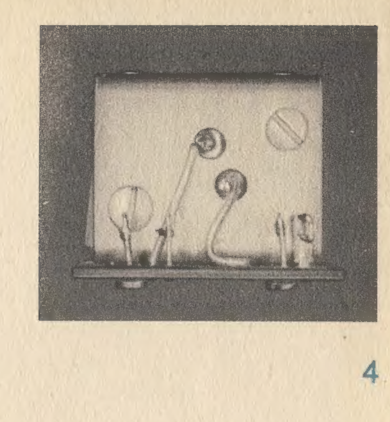
1.–20. Tausend · Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1974 · Cheflektorat Militärliteratur · Lizenz-Nr. 5 · ES-Nr.: 23 K · Lektor: Wolfgang Stammler · Zeichnungen: Manfred Schulz · Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Hannelore Lorenz · Vorauskorrektor: Johanna Pulpit · Korrektor: Eva Plake · Printed in the German Democratic Republic · Lichtsatz: GG Interdruck Leipzig · Druck und Buchbinderei: Sachsendruck Plauen · Redaktionsschluß: 19. April 1973 · Bestellnummer: 745 563 5



R14
T4
R13
D1/2
R12
R15
D1/1
T5
T3

D1/1, D1/2:
SY200, SAY30
oder SS 216
in
Diodenschaltung

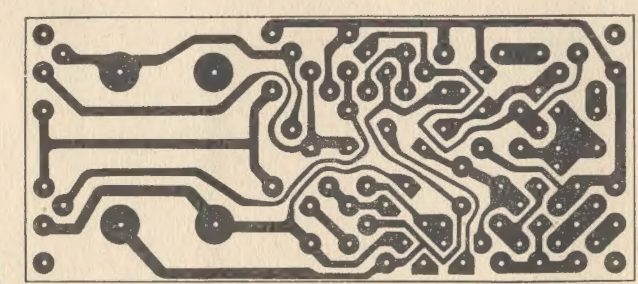
1b



4

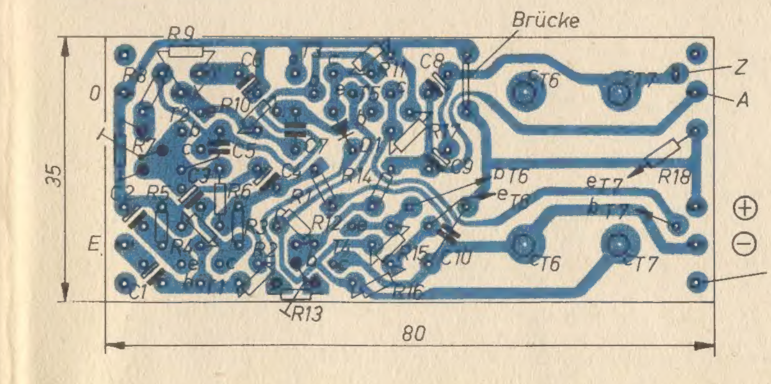
Bild 1
a – Stromlaufplan der im Bauplan verwendeten Variante des 1-W-Verstärkerbausteins (Hinweis: C 1-Polarität je nach Schaltungsverlauf vor E wählen. Lautsprecher bei Wechselsprechanlage erst hinter entsprechenden Schalter!
X–Y Außenanschluß wahlweise für Stellwiderstand statt R 9.
ML = Lackfilmkondensator)
b – Variante mit 2 Siliziumdioden (günstigere Einstellbarkeit des Arbeitspunkts; komplizierteres Leitungsmuster erforderlich)

Bild 2
Leitungsmuster des 1-W-Verstärkerbausteins



2

Bild 3
Bestückungsplan zu Bild 1a und Bild 2 (Bauelementeseite; Leitungsmuster „durchschimmernd") – die Bauelemente werden stehend, die Widerstände und Transistoren gegebenenfalls mit Isolierschlauch über den Anschlußdrähten montiert



○ ⌀3,2
• ⌀1,3
alle übrigen ⌀1
▭ Stecklötöse o.ä. Anschluß

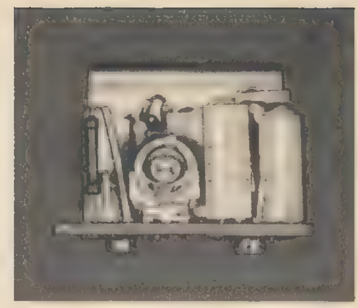
Bauelemente stellen Potentiometer Gr. 05

⊕
⊖

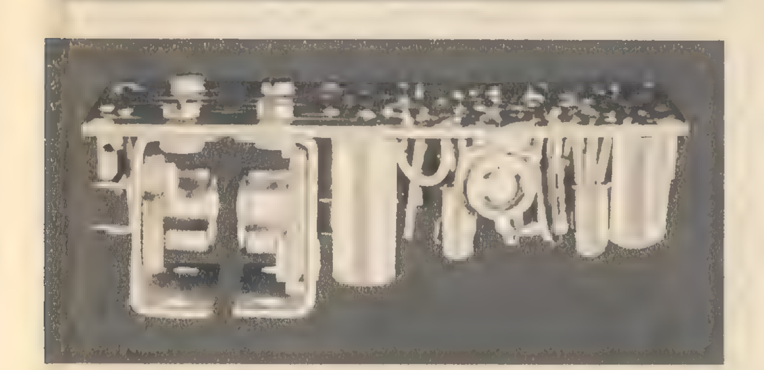
(in jeder Ecke aufbohren je nach Befestigungsart)

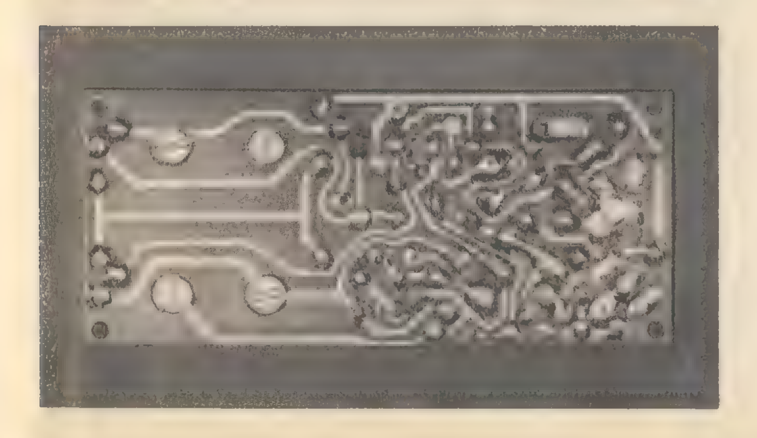
3





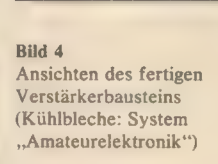


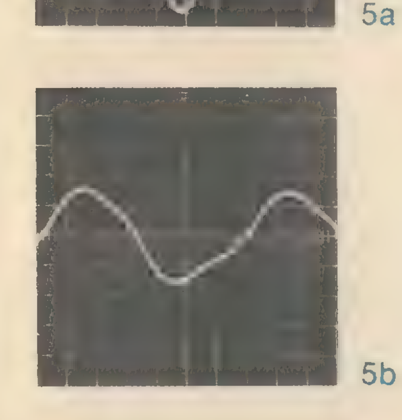




4

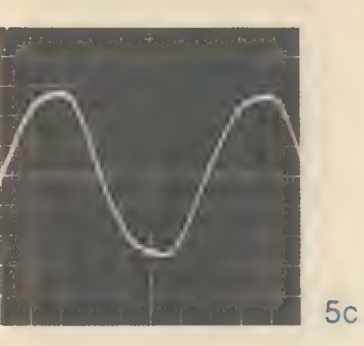
Bild 4
Ansichten des fertigen Verstärkerbausteins (Kühlbleche: System „Amateurelektronik“)



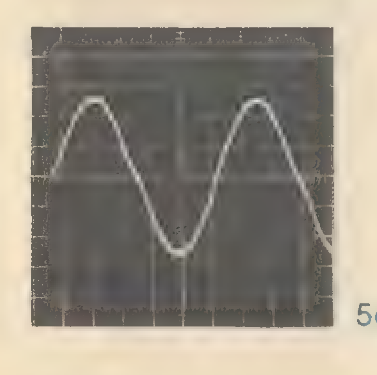


5a

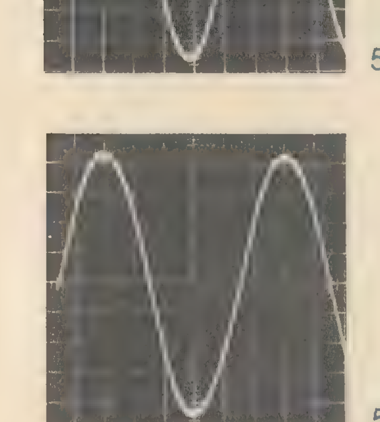
5b



5c

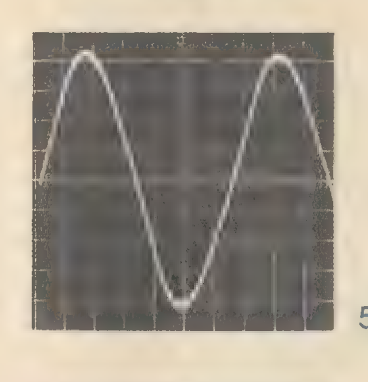


5d

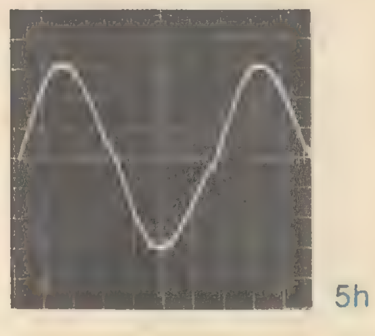


5e

5f



5g



5h

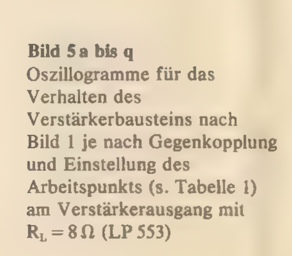


Bild 5 a bis q
Oszillogramme für das Verhalten des Verstärkerbausteins nach Bild 1 je nach Gegenkopplung und Einstellung des Arbeitspunkts (s. Tabelle 1) am Verstärkerausgang mit $R_L = 8\,\Omega$ (LP 553)

5i

5n

5k

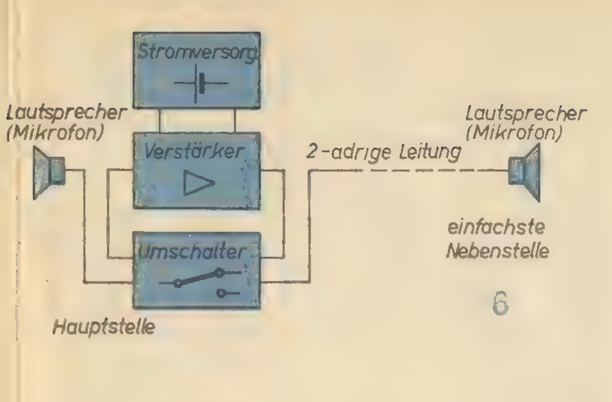
5o

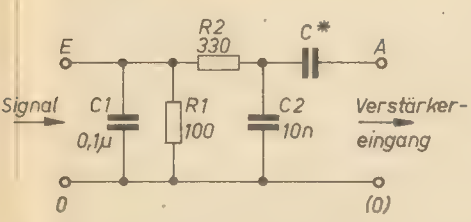
5l

5p

5m

5q

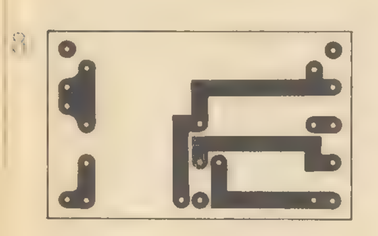


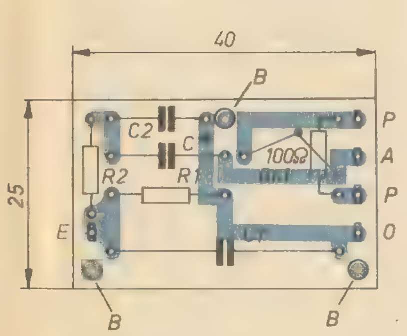


C*: 22n...47n für reine Sprechzwecke ausreichend;
0,1µ ... 0,22µ für Lauschverbindungen je nach Raumakustik (mehr Tiefen)

7

8





B: Befestigungsbohrungen
P: Potentiometeranschlüsse für x, y in Bild 1a (nur bei Bedarf)

9

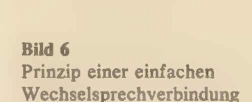


Bild 6
Prinzip einer einfachen Wechselsprechverbindung

Bild 7
Filtervorsatz zur Unterdrückung über die Leitung einstreuender Störfelder vom Lichtnetz und den dort angeschlossenen Verbrauchern sowie von Rundfunksendern

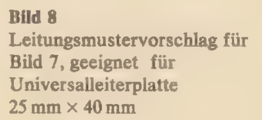


Bild 8
Leitungsmustervorschlag für Bild 7, geeignet für Universalleiterplatte 25 mm × 40 mm

Bild 9
Bestückungsplan (Bauelementeseite mit „durchschimmerndem" Leitungsmuster) für Bild 7 und Bild 8

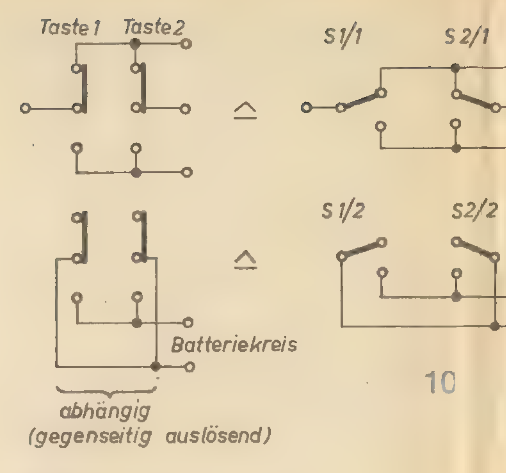
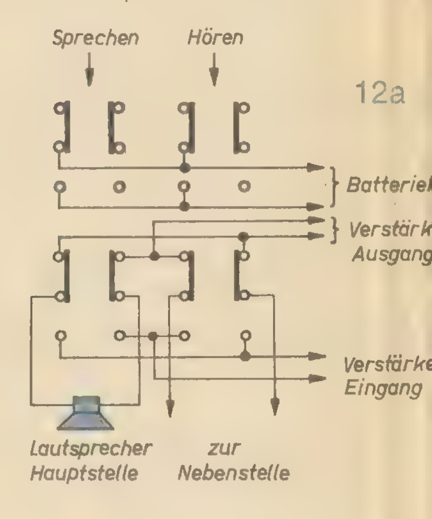
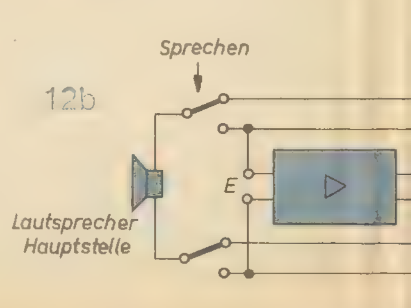


Bild 10
Einfachste Tastenbelegung für eine Wechselsprechverbindung (man beachte die Bedenken im Text!)





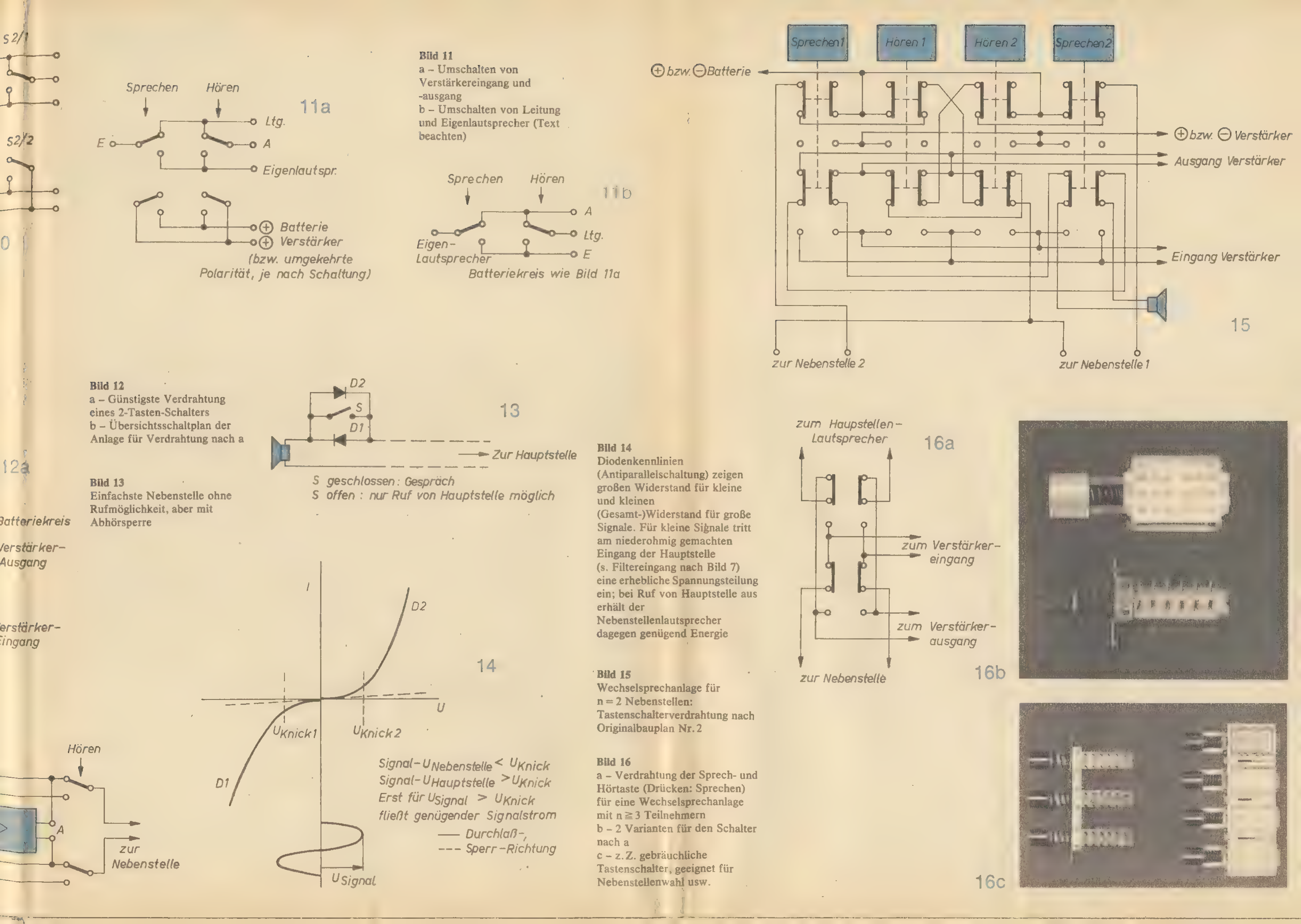


Bild 11
a – Umschalten von Verstärkereingang und -ausgang
b – Umschalten von Leitung und Eigenlautsprecher (Text beachten)

Bild 12
a – Günstigste Verdrahtung eines 2-Tasten-Schalters
b – Übersichtsschaltplan der Anlage für Verdrahtung nach a

Bild 13
Einfachste Nebenstelle ohne Rufmöglichkeit, aber mit Abhörsperre

Bild 14
Diodenkennlinien (Antiparallelschaltung) zeigen großen Widerstand für kleine und kleinen (Gesamt-)Widerstand für große Signale. Für kleine Signale tritt am niederohmig gemachten Eingang der Hauptstelle (s. Filtereingang nach Bild 7) eine erhebliche Spannungsteilung ein; bei Ruf von Hauptstelle aus erhält der Nebenstellenlautsprecher dagegen genügend Energie

Bild 15
Wechselsprechanlage für n = 2 Nebenstellen: Tastenschalterverdrahtung nach Originalbauplan Nr. 2

Bild 16
a – Verdrahtung der Sprech- und Hörtaste (Drücken: Sprechen) für eine Wechselsprechanlage mit n ≧ 3 Teilnehmern
b – 2 Varianten für den Schalter nach a
c – z. Z. gebräuchliche Tastenschalter, geeignet für Nebenstellenwahl usw.

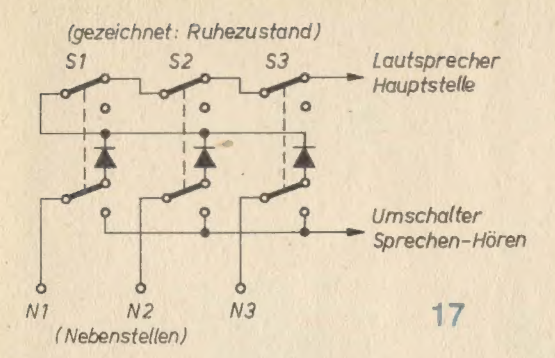


Bild 17
Prinzip der Nebenstellenwahl mit Entkopplungsdioden für Anlagen mit n ≧ 3 Teilnehmern (als Dioden genügen GA 100 o.ä.!)

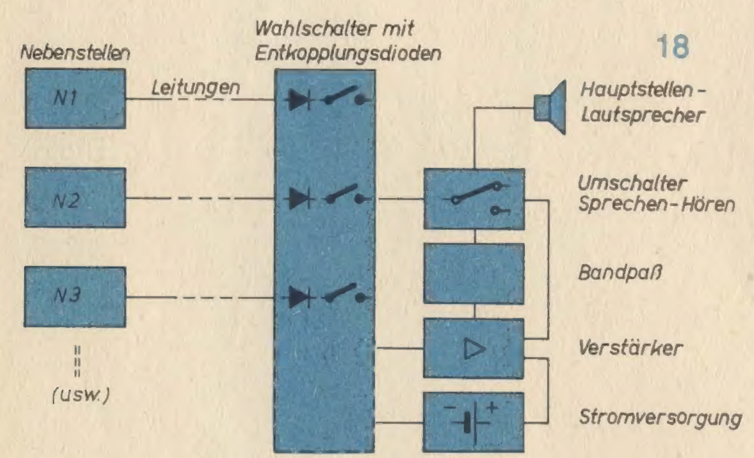


Bild 18
Übersichtsschaltplan der gesamten Anlage für n ≧ 3 Teilnehmer

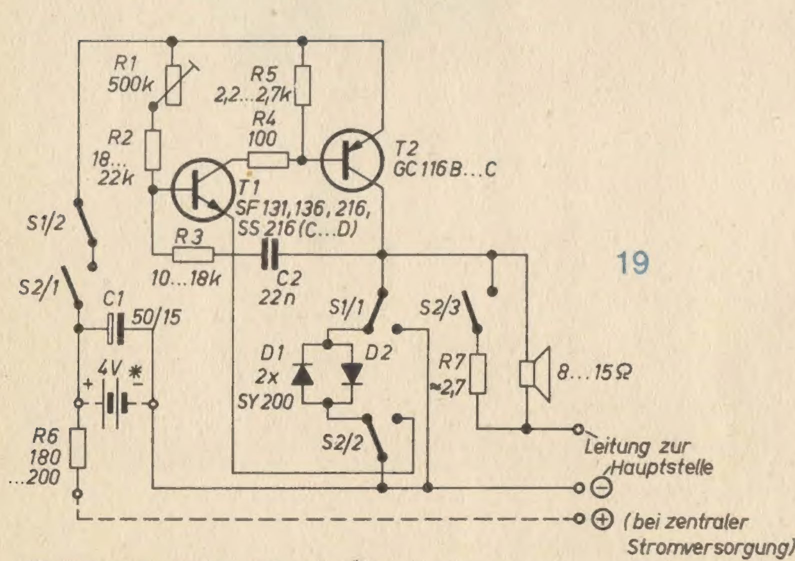
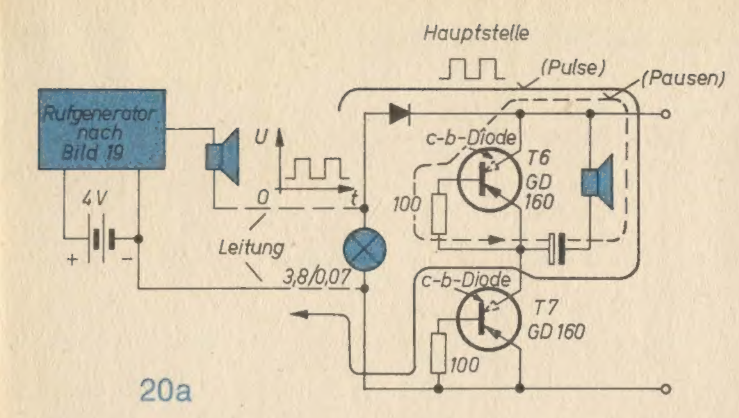
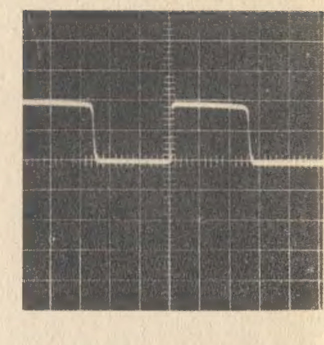


Bild 19
Nebenstelle mit „eisenlosem" Rufgenerator und mit den Tasten „Hörsperre auslösen" (rastend) und „Ruf" (nichtrastend). Die bei zentraler Stromversorgung zu empfehlende Z-Diode liegt in der Schaltung nach Bild 21/Bild 22 erst hinter dem Schalter, oder in der zentralen Versorgung wird eine gemeinsame Z-Diode vorgesehen





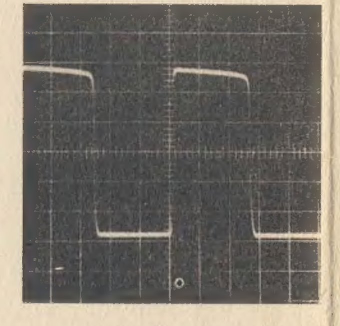


Bild 20
a – Stromkreis bei gedrückter Ruftaste einer Nebenstelle
b – Rufimpulse der Nebenstelle (gegen 0 positive Impulsfolge) bei angeschlossener Hauptstelle; 500 µs/cm, 3 V/cm, am Gleichspannungseingang des Oszillografen
c – Rufimpulse, mit 1 V/cm am Wechselspannungseingang des Oszillografen

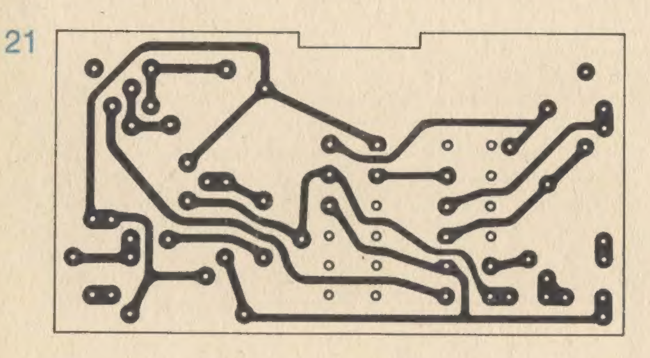


Bild 21
Leitungsmustervorschlag für die Nebenstellenschaltung nach Bild 19. Beim Stellpotentiometer (Gr. 1, stehend, d.h. Form „P") wurden alte und neue Bauform in der günstigsten Anordnung berücksichtigt.
2,7 Ω freitragend aus Widerstandsdraht (oder auf 1/8-W-Körper, stehend) montiert. Bei Verwendung von 2 Einzeltasten Befestigungslaschen absägen; Schalter werden in den Lötstellen gehalten

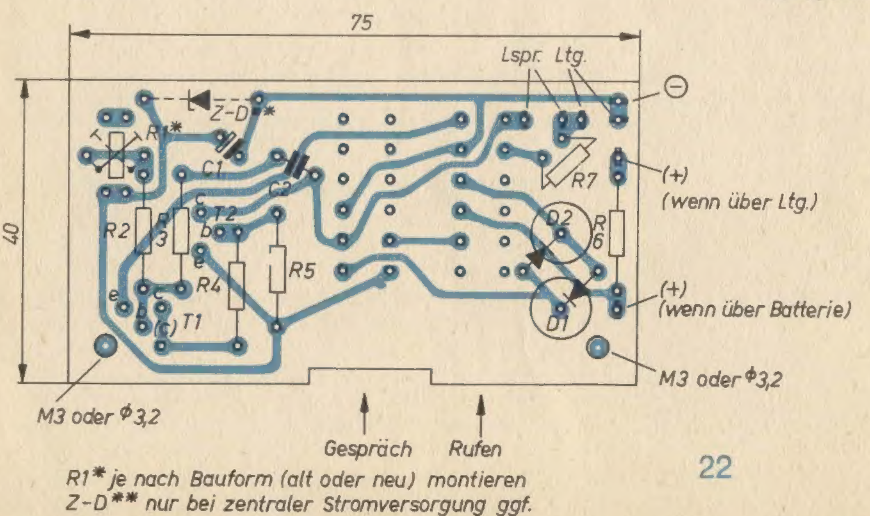


Bild 22
Bestückungsplan (Bauelementeseite mit „durchschimmerndem" Leitungsmuster) für die Nebenstelle nach Bild 19 und Bild 21. Für Gesprächstaste Aussparung zur Rastung; bei Ruftaste schlägt Tastenknopf an Plattenkante an, bevor die Rastung faßt

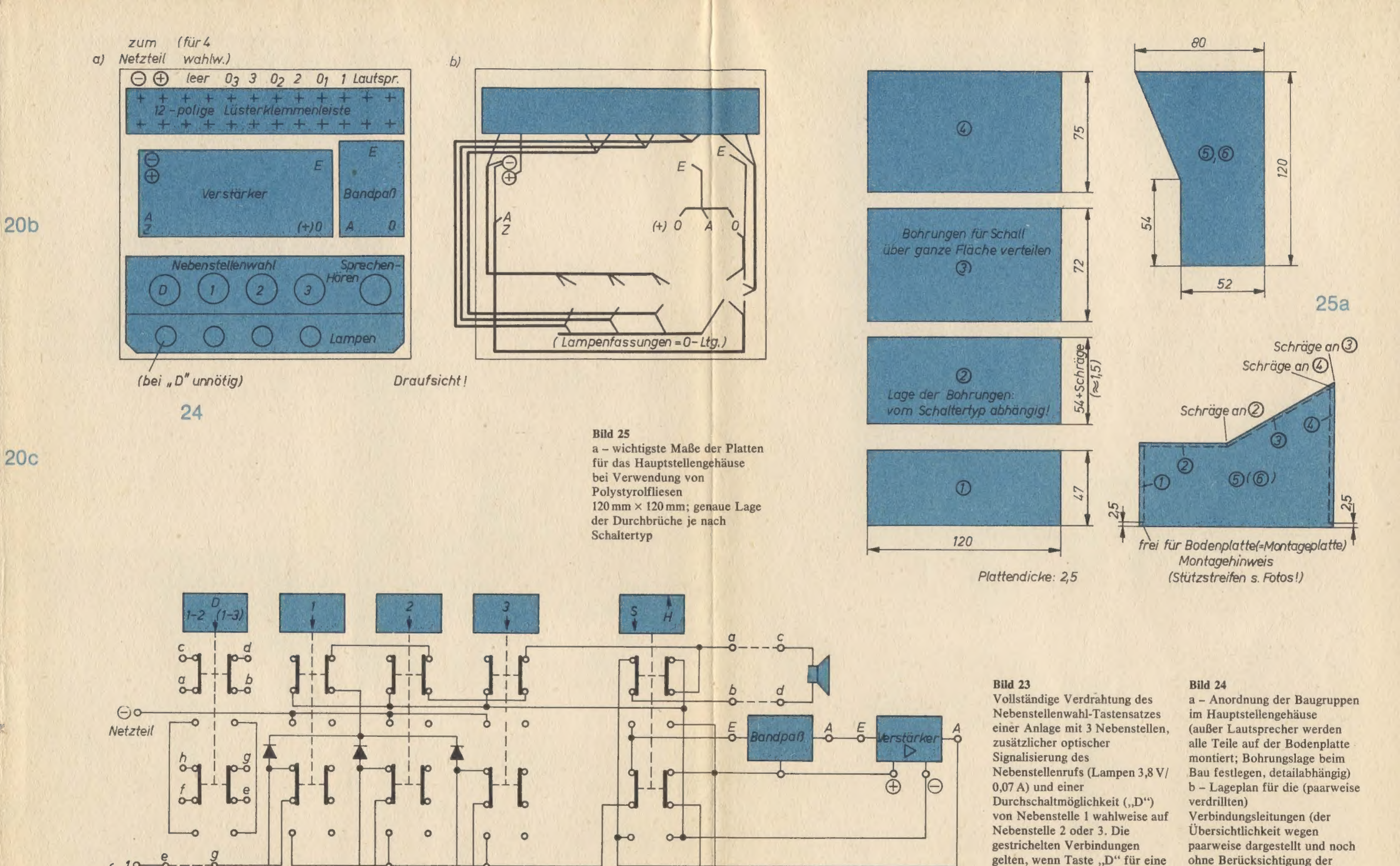
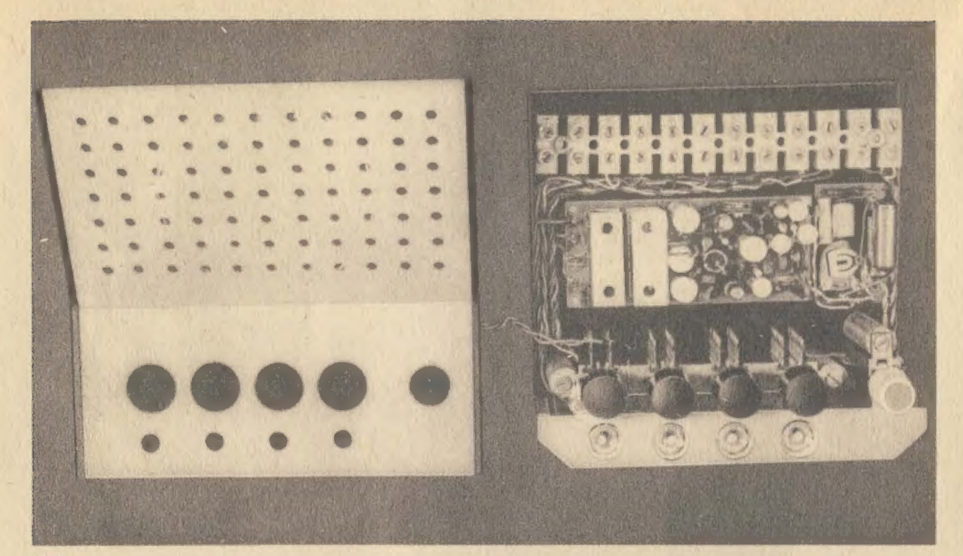
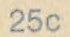


Bild 25
a – wichtigste Maße der Platten für das Hauptstellengehäuse bei Verwendung von Polystyrolfliesen 120 mm × 120 mm; genaue Lage der Durchbrüche je nach Schaltertyp

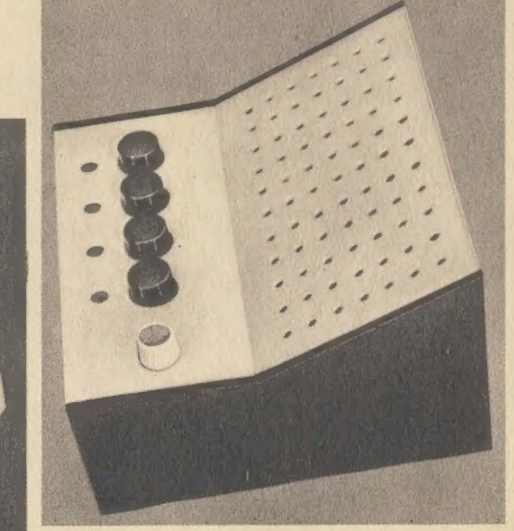
Bild 23
Vollständige Verdrahtung des Nebenstellenwahl-Tastensatzes einer Anlage mit 3 Nebenstellen, zusätzlicher optischer Signalisierung des Nebenstellenrufs (Lampen 3,8 V/ 0,07 A) und einer Durchschaltmöglichkeit („D“) von Nebenstelle 1 wahlweise auf Nebenstelle 2 oder 3. Die gestrichelten Verbindungen gelten, wenn Taste „D“ für eine 4. Nebenstelle benutzt wird (dann „D“ analog 1 bis 3 beschalten). Bei Verwendung zum Durchschalten sind die gestrichelten Verbindungen zu öffnen und die Punkte mit gleichen Buchstaben miteinander zu verbinden (a–a, b–b usw.)

Bild 24
a – Anordnung der Baugruppen im Hauptstellengehäuse (außer Lautsprecher werden alle Teile auf der Bodenplatte montiert; Bohrungslage beim Bau festlegen, detailabhängig)
b – Lageplan für die (paarweise verdrillten) Verbindungsleitungen (der Übersichtlichkeit wegen paarweise dargestellt und noch ohne Berücksichtigung der „Durchschalt“-Leitungen gemäß Bild 23)



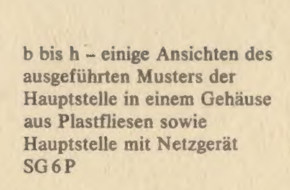


25c

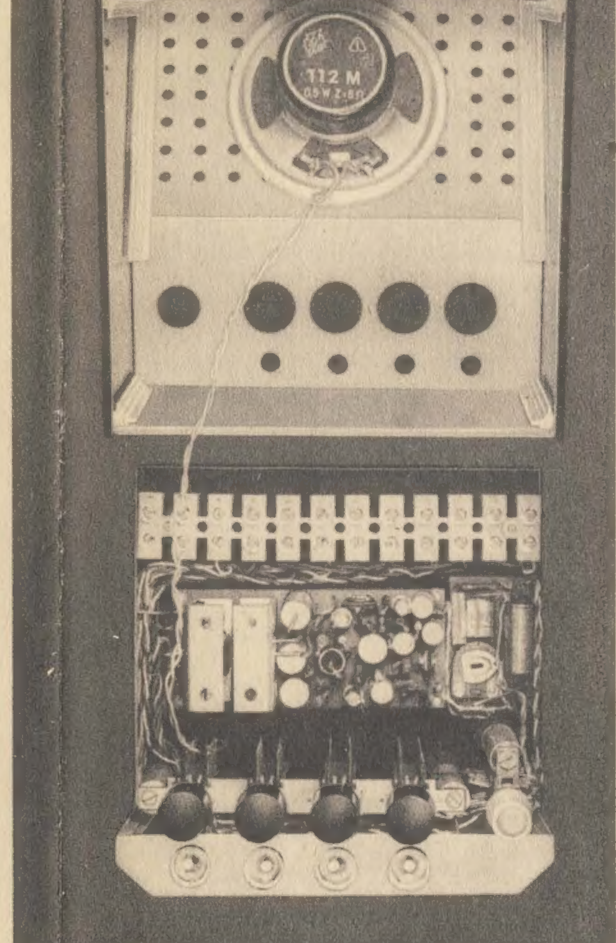


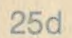
25b

25e

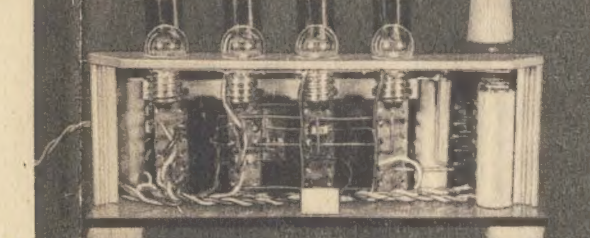


b bis h – einige Ansichten des ausgeführten Musters der Hauptstelle in einem Gehäuse aus Plastfliesen sowie Hauptstelle mit Netzgerät SG 6 P

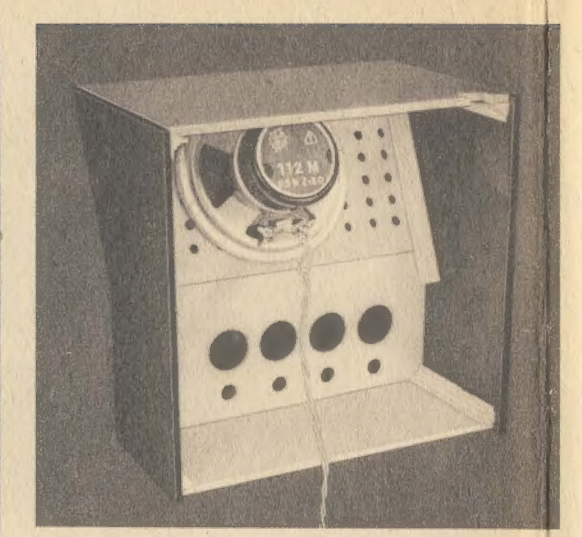




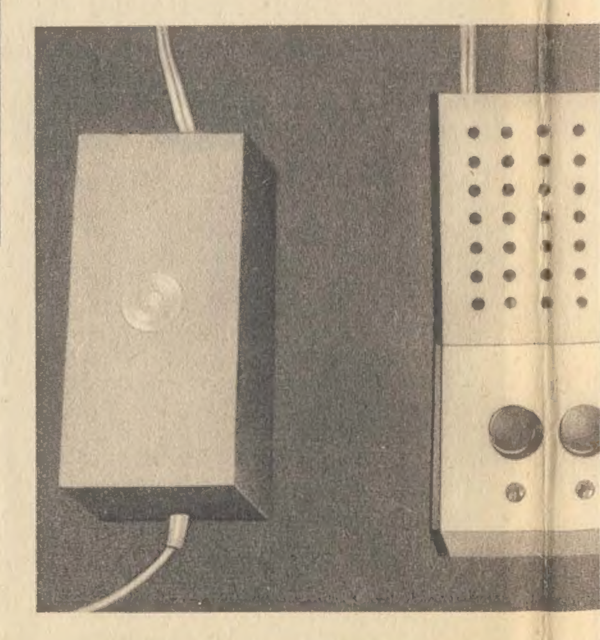
25d



25f



25g



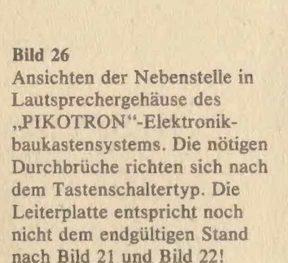
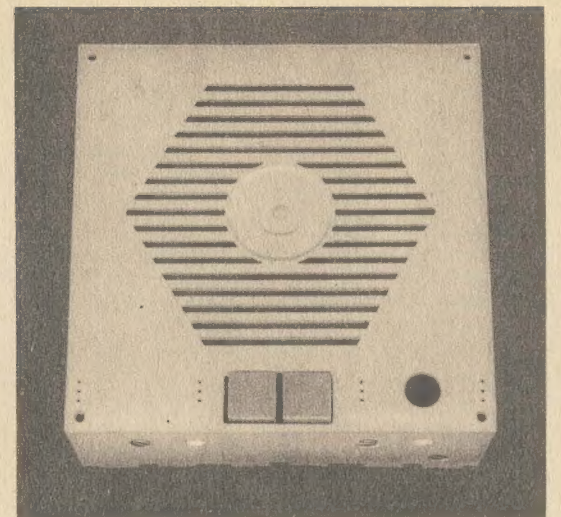


Bild 26
Ansichten der Nebenstelle in Lautsprechergehäuse des „PIKOTRON"-Elektronik-baukastensystems. Die nötigen Durchbrüche richten sich nach dem Tastenschaltertyp. Die Leiterplatte entspricht noch nicht dem endgültigen Stand nach Bild 21 und Bild 22!

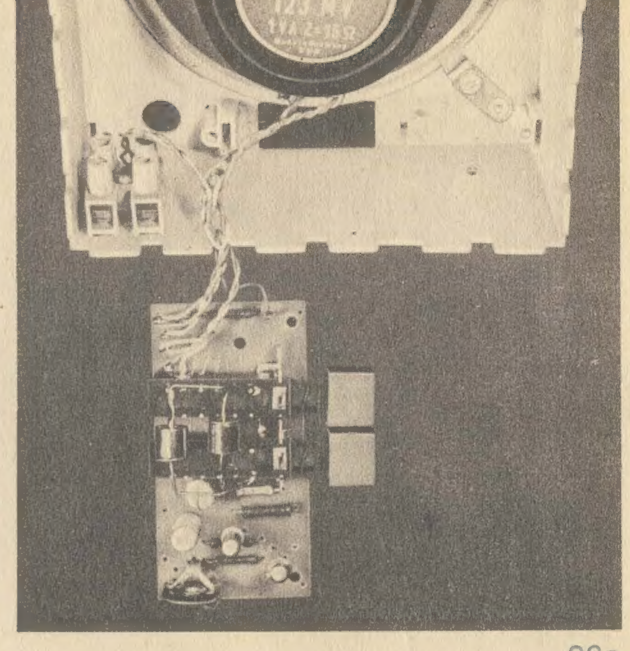
5g



26a



26b



26c

25h

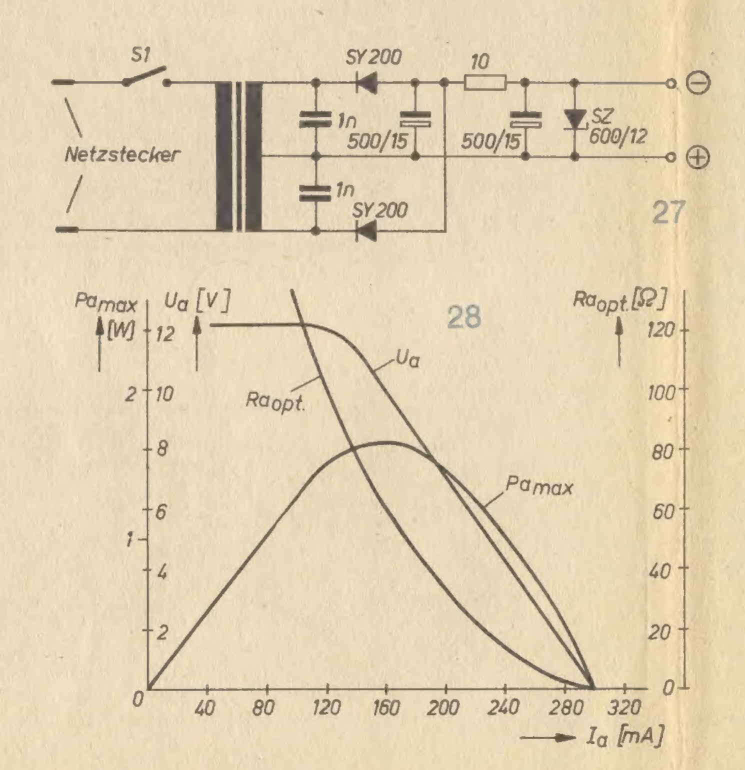


Bild 27
Stromlaufplan des handelsüblichen Netzanschlußgeräts SG 6 P/12 (12 V, auch erhältlich für 6 V oder 9 V)

Bild 28
Netzteil-Belastungskurve, an einem SG 6 P/12 ermittelt

Bild 29
Möglicher Einsatz eines Klingeltransformators für 3, 5 und 8 V nach Auftrennen der Anzapfung, falls dies möglich ist (Texthinweis beachten!), als Spannungsquelle für Haupt- und Nebenstellen.
R: Je nach R_i des Netztransformators, so daß $I_{ZD} < 180$ mA bleibt

